

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

ΜΙΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Φυρινίδου Σταματία

Διπλωματική Εργασία

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στην Ναυτιλία

Πειραιάς, 2021

ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Το άτομο το οποίο εκπονεί την Διπλωματική Εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στην βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (εμπορικός, μη κερδοσκοπικός ή εκπαιδευτικός), της φύσης του υλικού, που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες ή χάρτες), του ποσοστού και της σημαντικότητας του τμήματος, που χρησιμοποιεί σε σχέση με το όλο κείμενο υπό copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή στη γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου.

Φυρινίδου Σταματία

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίστηκε από τη ΓΣΕΣ του Τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών Πανεπιστημίου Πειραιώς σύμφωνα με τον Κανονισμό Λειτουργίας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Ναυτιλία.

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- Λαγούδης Ιωάννης (Επιβλέπων)

- Πολέμης Διονύσιος

- Θεοτοκάς Ιωάννης

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Λαγούδη, ο οποίος δέχθηκε να αναλάβει την επίβλεψη της εργασίας μου, για την πολύτιμη βοήθεια και τις συμβουλές που μου παρείχε καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές που συμμετείχαν στην επιτροπή της παρουσίασης για τον χρόνο που αφιέρωσαν.

Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	iv
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	vi
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΙΚΟΝΩΝ	vii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	viii
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ.....	2
2.1: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	2
2.2: ΔΟΜΗ ΔΙΑΤΡΟΠΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ	3
2.3 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ	9
2.4 ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	13
2.5 ΕΜΠΟΔΙΑ ΣΤΙΣ ΔΙΑΤΡΟΠΙΚΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	18
3.1 ΔΟΜΗ ΔΙΑΤΡΟΠΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ	18
3.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ	23
3.3 ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	26
3.4 ΕΜΠΟΔΙΑ ΣΤΙΣ ΔΙΑΤΡΟΠΙΚΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ ..	31
4.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ	31
4.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ.....	32
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	33

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Εμπορευματικές μεταφορές στην ΕΕ.....	4
Πίνακας 2 Μελέτες για την Δομή Διατροφικού Δικτύου Μεταφορών.....	9
Πίνακας 3 Μελέτες για την Διαχείριση Διαταραχών	13
Πίνακας 4 Μελέτες για την Μείωση της Ρύπανσης του Περιβάλλοντος	15
Πίνακας 5 Κατηγορίες εμποδίων	16
Πίνακας 6 Μελέτες για τα εμποδία στις διατροφικές μεταφορές	17

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Δομή Ανάλυσης Διατροφικών Δικτύων	2
Εικόνα 2 Τυπική αλυσίδα διατροφικών εμπορευματικών μεταφορών οδικών - θαλάσσιων σιδηροδρόμων	5
Εικόνα 3 Περαιδειγματική ροή δικτύου με σημεία μεταφοράς, τερματικά και εικονικά τερματικά	7
Εικόνα 4 Κατάσταση και πολυπλοκότητα μέσω του κοινωνικού δικτύου επιχειρήσεων SBN.....	9
Εικόνα 5 Δίκτυο offline	11
Εικόνα 6 Δίκτυο online.....	12
Εικόνα 7 Στοιχεία του μοντέλου DSS	13
Εικόνα 8 Οικολογικός και μη τρόπος μεταφοράς.....	15
Εικόνα 9 Αλυσίδα διατροφικών μεταφορών οδικών- σιδηροδρομικών μεταφορών.....	19
Εικόνα 10 Διαδικασία λειτουργίας του διατροφικού κόμβου οδικών - σιδηροδρομικών μεταφορών	20
Εικόνα 11 Δομή δικτύου HS οδικών και σιδηροδρομικών διατροφικών δικτύων.....	21
Εικόνα 12 Ενοποίηση αερομεταφορέων.....	22
Εικόνα 13 Κριτήρια και Πολιτικές	26
Εικόνα 14 Ψηφιακά εργαλεία	27
Εικόνα 15 Δημοσιεύσεις ακαδημαϊκών περιοδικών ανά έτος.....	30
Εικόνα 16 Δημοσιεύσεις ακαδημαϊκών περιοδικών.....	30
Εικόνα 17 Δημοσιεύσεις ακαδημαϊκών περιοδικών ανά συγγραφέα	31

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με την πάροδο του χρόνου τα διατροπικά δίκτυα εμπορευματικών μεταφορών αποκτούν μεγαλύτερη αξία. Η εργασία αυτή θα περιγράψει και θα αναλύσει, ότι η χρήση των διατροπικών δικτύων συμβάλλει ουσιαστικά στη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος, στη μείωση του κόστους και του χρόνου των εμπορευματικών μεταφορών και στην ασφαλέστερη μεταφορά των εμπορευμάτων. Θα αναδείξει κάποια εργαλεία που βοηθούν στη μείωση ή/ και την εξάλειψη των εμποδίων για τη βέλτιστη χρήση των διατροπικών δικτύων μεταφοράς. Είναι σίγουρο πως κατά την πάροδο των ετών θα βελτιωθεί ακόμα περισσότερο η λειτουργία των διατροπικών εμπορευματικών μεταφορών.

Σημαντικοί όροι: Διατροπικά δίκτυα, απροσδόκητα γεγονότα, περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

ABSTRACT

The value of intermodal transports is being increasingly recognized and appreciated throughout the years. The aim of this report is to describe and analyze how this method of transport contributes essentially not only to the decrease of time and cost of transports, but also to the increase of the demanded safety, while leaving a more respectful environmental footprint, related to other methods. Some of the tools called for in order to vault over the emerging obstacles towards the optimized used of intermodal transports. The only thing that appears to be sure is that the application of intermodal transports will be even more enhanced in the near future.

Keywords: intermodal networks, unexpected events, environmental footprint

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με τον Crainic (2003), ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία που αφορούν την εφοδιαστική αλυσίδα είναι η μεταφορά των εμπορευμάτων με σκοπό να εξασφαλιστεί η αποτελεσματικότερη κυκλοφορία καθώς και η συνεχής διαθεσιμότητα πρώτων υλών και τελικών προϊόντων. Οι Vannieuwenhuysen et al. (2003) διαπίστωσαν ότι κατά το πέρας του χρόνου οι εμπορευματικές μεταφορές γίνονται ολοένα και πιο ανταγωνιστικές με αποτέλεσμα να μπορούν να καλύπτουν μεγαλύτερες αποστάσεις κρατώντας βέβαια την αξιοπιστία τους. Επιπλέον, μια μεταφορά πρέπει να είναι όσο γίνεται πιο φιλική προς το περιβάλλον και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να οδηγούμαστε και σε διατροφικά δίκτυα μεταφοράς πέραν του οδικού δικτύου. Επομένως, τα διατροφικά δίκτυα μεταφοράς μπορούν να προσφέρουν ευέλικτες μεταφορές, φιλικές προς το περιβάλλον, καλύπτοντας μεγάλες αποστάσεις και ταυτόχρονα μεγάλο όγκο φορτίου πετυχαίνοντας οικονομίες κλίμακας και περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα.

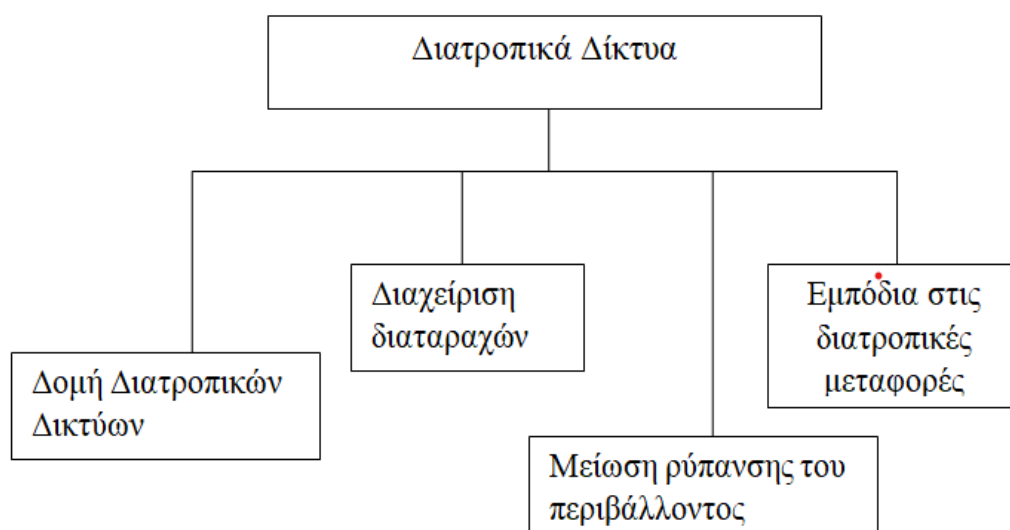
Ωστόσο, υπάρχουν πολλοί παράγοντες αντιμετώπισιμοι ή μη, οι οποίοι εμποδίζουν την ομαλή λειτουργία των διατροφικών εμπορευματικών μεταφορών. Κάποιοι από αυτούς τους παράγοντες είναι: οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες, η συμφόρηση της κυκλοφορίας στους δρόμους, τα ατυχήματα, οι βλάβες και η ρύπανση του περιβάλλοντος. Για την μείωση ή την εξάλειψη αυτών των παραγόντων, τα διατροφικά δίκτυα είναι αυτά που μπορούν να το πετύχουν. Θα διαπιστώσουμε ότι μέσω των διατροφικών δικτύων, υπάρχουν τρόποι όπου η μεταφορά των εμπορευμάτων μπορεί να γίνει με χαμηλότερο κόστος, σε λιγότερο χρόνο, μειώνοντας τα επίπεδα της ρύπανσης του περιβάλλοντος και αποφεύγοντας τυχόν ατυχήματα και συμφόρηση στους δρόμους.

Επιπλέον, απεικονίζεται μια ενδεικτική δομή διατροφικού δικτύου μεταφορών, όπου διαμορφώνονται και ταξινομούνται τρεις διαφορετικές διαδρομές που η κάθε μια έχει το δικό της χαρακτηριστικό. Δηλαδή, πιο φιλική προς το περιβάλλον, μικρότερο κόστος και μειωμένος χρόνος. Επίσης, ένα πολύ σοβαρό θέμα που αφορά κυρίως τις εμπορευματικές μεταφορές είναι η ρύπανση του περιβάλλοντος. Εξαιτίας όλων αυτών των μεταφορών και των καύσεων που γίνονται, τα διατροφικά δίκτυα προσπαθούν να μειώσουν όσο γίνεται την ατμοσφαιρική ρύπανση. Έτσι, για κάθε περίπτωση ξεχωριστά δημιουργούνται οι κατάλληλες διατροφικές εμπορευματικές μεταφορές υπηρεσιών για το μέγιστο δυνατό αποτέλεσμα.

Ωστόσο, προσδιορίζονται τέσσερις κατηγορίες των διατροφικών δικτύων, οι οποίες θα αναλυθούν παρακάτω. Αυτές είναι:

1. Δομή διατροφικών δικτύων
2. Διαχείριση διαταραχών
3. Μείωση ρύπανσης του περιβάλλοντος
4. Εμπόδια στις διατροφικές μεταφορές

Εικόνα 1 Δομή Ανάλυσης Διατροφικών Δικτύων



Η παρούσα μελέτη στοχεύει να αναδείξει τη συμβολή των διατροφικών δικτύων στη μείωση της ρύπανσης, στην μείωση ή/και εξάλειψη των εμποδίων με την βοήθεια των ψηφιακών εργαλείων και στη βέλτιστη αντιμετώπιση μη αναμενόμενων συμβάντων για κάθε περίπτωση. Η εργασία επικεντρώθηκε σε δημοσιεύσεις ακαδημαϊκών περιοδικών, οι οποίες εκτείνονταν για περίοδο άνω των 20 ετών (από το 1999 έως το 2021).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

2.1: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Όσο αναφορά την διαδικασία συλλογής δεδομένων, έγινε χρήση δευτερευόντων δεδομένων με τη βοήθεια του ακαδημαϊκού περιοδικού <http://www.elsevier.com>. Η μελέτη επικεντρώθηκε στις δημοσιεύσεις αυτού του περιοδικού, οι οποίες αναφέρονται σε περίοδο άνω των 20 ετών (από το 1991 έως το 2021). Για τον προσδιορισμό και το φιλτράρισμα των σχετικών περιοδικών έχουν χρησιμοποιηθεί λέξεις κλειδιά, όπως είναι : διατροφικά δίκτυα, απροσδόκητα γεγονότα, περιβαλλοντικό αποτύπωμα, μετριασμός ρύπανσης. Ωστόσο, παρακάτω αναλύονται οι ενότητες που αφορούν τη δομή διατροφικού δικτύου, τη διαχείριση των διαταραχών, τη μείωση ρύπανσης του περιβάλλοντος και τα εμπόδια στις διατροφικές μεταφορές. Το επόμενο κεφάλαιο επικεντρώνεται στην ανάλυση των δεδομένων αναλύοντας τις κατηγορίες που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Τέλος, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα.

2.2: ΔΟΜΗ ΔΙΑΤΡΟΠΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

Μία αλυσίδα μεταφορών αποτελείται από τρία βασικά στοιχεία τα οποία είναι οι προ μεταφορές, οι μεγάλες μεταφορές και οι τελικές μεταφορές, όπου αυτές οι μεταφορές αντιστοιχούν σε υπηρεσίες παραλαβής, μεταφοράς και παράδοσης αντίστοιχα. Οι προ και οι τελικές μεταφορές ανήκουν στο τμήμα φορτηγών μιας αλυσίδας μεταφορών και είναι οι δραστηριότητες drayage. Αυτές οι δραστηριότητες διεξάγονται κυρίως με οδικές εμπορευματικές μεταφορές εξαιτίας των μικρών αποστάσεων. Το κόστος drayage καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος από το συνολικό κόστος μεταφοράς, παρότι είναι σχετικά μικρή η απόσταση των κινήσεων των φορτηγών. Επομένως, αυτές οι δραστηριότητες drayage είναι πολύ πιθανό να είναι αρκετά σημαντικές για την κερδοφορία των διατροφικών εμπορευματικών μεταφορών όπως αναφέρουν και οι Macharis & Bontekoning (2004). Ωστόσο, οι UIC (2014) και SteadieSeifi et al. (2014) παρουσίασαν ότι οι μεταφορές μεγάλων αποστάσεων, περιλαμβάνουν τις μεταφορές των μονάδων φορτίου ανάμεσα στους δύο τερματικούς σταθμούς, δηλαδή θαλάσσιων λιμένων, σιδηροδρομικούς σταθμούς και κόμβους.

Σύμφωνα με την European Commission (2019), παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα οι εμπορευματικές μεταφορές στην ΕΕ οι οποίες είναι ο δρόμος, η ράγα, οι εσωτερικές πλωτές οδοί και η θάλασσα. Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι υπερτερούν οι μεταφορές με φορτηγό, όπου το μερίδιο αγοράς τους αυξήθηκε από 48,4% σε 51,7% το 2000 και 2017 αντίστοιχα. Ακολουθούν οι θαλάσσιες μεταφορές όπου διακρίνουμε μία

μικρή μείωση στο μερίδιο αγοράς τους από 34,2% σε 32,5% το 2000 και 2017 αντίστοιχα. Στη συνέχεια, έχουμε τις ράγες με 13% και 11,6% το 2000 και 2017 και τέλος, οι εσωτερικές πλωτές οδοί που έχουν το χαμηλότερο ποσοστό μεριδίου αγοράς το οποίο ανέρχεται στο 4,3% το 2000 και έχει μία μικρή μείωση σε 4,1% το 2017. Ωστόσο, αναφέρουν ότι εξαιτίας των διαφορετικών γεωγραφικών μερών όπου γίνονται οι εμπορευματικές μεταφορές, παρατηρήθηκε ότι ο οδικός τρόπος μεταφοράς δεν είναι πλέον ο καταλληλότερος με αποτέλεσμα να είναι αναγκαία και τα άλλα μέσα μεταφοράς, ακόμα και ο συνδυασμός αυτών των μέσων μεταφοράς (European Commission, 2012).

Πίνακας 1 Εμπορευματικές μεταφορές στην ΕΕ

Εμπορευματικές μεταφορές στην ΕΕ	2000		2017	
	Όγκος (δισεκατομμύρια tkm)	Μερίδιο αγοράς (%)	Όγκος (δισεκατομμύρια tkm)	Μερίδιο αγοράς (%)
Σύνολο	3116	100	3614	100
Δρόμος	1509	48.4	1870	51.7
Ράγα	406	13.0	421	11.6
Εσωτερικές πλωτές οδοί	134	4.3	147	4.1
Θάλασσα	1067	34.2	1176	32.5

Πηγή: European Commission, 2019

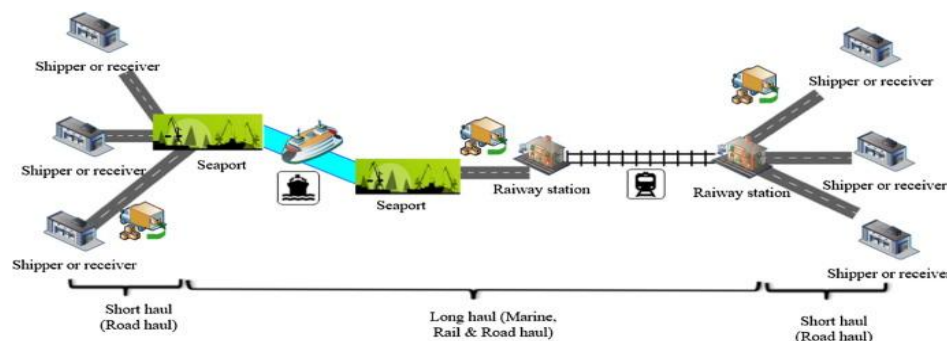
Οι Guoquan et al. (2014), Reis et al. (2013) συγκέντρωσαν κάποια πλεονεκτήματα που αφορούν τα φορτηγά και αναφέρουν ότι είναι ο πιο δημοφιλής τρόπος μεταφοράς και αυτό οφείλεται στο ότι: 1. υπάρχει μεγαλύτερη δυνατότητα πρόσβασης στους περισσότερους προορισμούς, 2. έχουν ευελιξία, με την έννοια ότι αν υπάρξει κάποια συμφόρηση ή οποιοδήποτε πρόβλημα στο συγκεκριμένο δρομολόγιο, μπορούν να το διορθώσουν ή να το αλλάξουν σχετικά εύκολα, χωρίς να δημιουργηθούν σοβαρά προβλήματα και καθυστερήσεις, 3. στις μικρές αποστάσεις υπάρχει καλύτερος χρόνος παράδοσης και τέλος 4. το κόστος συντήρησης είναι αρκετά χαμηλό και οι επενδυτικές απαιτήσεις τους είναι ελάχιστες.

Ωστόσο, από την άλλη μεριά, οι Guoquan et al., (2014), Reis et al., (2013) αναφέρουν και κάποια μειονεκτήματα που αφορούν τα φορτηγά και είναι τα εξής: 1. υπάρχουν πολλές πιθανότητες ατυχημάτων ή βλαβών, εξαιτίας δυσμενών καιρικών συνθηκών και

κακού οδικού οδοστρώματος, 2. προκαλούν υψηλές εκπομπές αερίων, 3. είναι περιορισμένη η ικανότητα φόρτωσης μεγάλων ποσοτήτων για μεγάλες αποστάσεις, 4. υπάρχει περιορισμός στην κυκλοφορία σε αστικά περιβάλλοντα, και τέλος 5, δημιουργείται συμφόρηση στο οδικό δίκτυο με αποτέλεσμα να υπάρχει καθυστέρηση και αναξιοπιστία στις μεταφορές και αυτό προκαλείται εξαιτίας του μεγάλου όγκου (Vannieuwenhuysse et al., 2003).

Στην εικόνα που ακολουθεί, απεικονίζεται μια τυπική αλυσίδα διατροφικών μεταφορών, που περιλαμβάνει τόσο τις μικρές όσο και τις μεγάλες μεταφορές.

Εικόνα 2 Τυπική αλυσίδα διατροφικών εμπορευματικών μεταφορών οδικών - θαλάσσιων σιδηροδρόμων



Πηγή: Baykasoglou, Subulan 2016

Επιπλέον, οι Crainic & Kim (2007), αναφέρουν ότι με όσους συνδυασμούς και να συναντήσουμε τα διατροφικά δίκτυα εμπορευματικών μεταφορών, πάντα αυτά αποτελούνται από την προέλευση, τον προορισμό, τους κόμβους μεταφόρτωσης και τη διατροφική διανομή που συνδέει τους κόμβους. Επομένως, είναι πολύ σημαντική η δημιουργία διαφορετικών διατροφικών δικτύων μεταφοράς, όπου το κάθε ένα από αυτά θα προσφέρει την κάλυψη των διαφορετικών στόχων, όπως είναι για παράδειγμα μειωμένο κόστος, καλύτερος χρόνος, μεγαλύτερος όγκος, ικανοποίηση των πελατών, μειωμένη κυκλοφοριακή συμφόρηση, μειωμένη περιβαλλοντική ρύπανση κλπ. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι εταιρίες να προσπαθούν να δημιουργήσουν εναλλακτικά δίκτυα μεταφοράς για να μειώσουν τους αρνητικούς αυτούς παράγοντες σύμφωνα με τους Forckenbrock & Demir et al., (2015).

Επίσης, ο Crainic (2003) προτείνει ότι για να επιτευχθεί η μεγιστοποίηση της χρήσης των διατροφικών μεταφορών, συνήθως γίνεται η χρήση ενός συστήματος ενοποίησης,

έτσι ώστε ένα φορτίο χαμηλού όγκου να μεταφέρεται στο κέντρο ενοποίησης. Το φορτίο αυτό θα ομαδοποιηθεί σε μεγαλύτερες ροές με σκοπό τη μεταφορά του μέσω των πολυτροπικών υπηρεσιών υψηλής συχνότητας και χωρητικότητας, και αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα αυτή η υπηρεσία να είναι χαμηλού κόστους .

Ωστόσο, αυτό που χαρακτηρίζει τα διατροπικά δίκτυα μεταφορών είναι τα χαρακτηριστικά των φορτίων μεγάλων αποστάσεων και του πλήρους φορτίου φορτηγών (FTL), καθώς και τα εναλλακτικά μέσα μεταφοράς του φορτίου όπως είναι οι δρόμοι, οι σιδηρόδρομοι και οι θαλάσσιοι οδοί. Με τη βοήθεια αυτών των μέσων επιτυγχάνεται η ομαλή ροή των προϊόντων ανάμεσα στις εγκαταστάσεις παραγωγής, περιφερειακών ή κεντρικών αποθηκών και απομακρυσμένων αγορών.

Οι Ghiani et al. (2004), διαπίστωσαν ότι αυτό που επιδιώκεται κάθε φορά είναι να εντοπιστεί η βέλτιστη διαδρομή μεταξύ της προέλευσης και του προορισμού στις διάφορες τοποθεσίες μεταφόρτωσης, λαμβάνοντας υπόψη τα ακόλουθα χαρακτηριστικά μεταφοράς: εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, κόστος μεταφοράς και διέλευσης και χρόνος διέλευσης. Ωστόσο, καθώς εξετάζουμε αυτά τα χαρακτηριστικά δημιουργείται ένα πρόβλημα ροής πολλών σταδίων, που αφορούν πολλά προϊόντα τα οποία έχουν περιορισμένες μεταφορικές και τερματικές ικανότητες, με αποτέλεσμα να ορίζουν ένα πρόβλημα ροής δικτύου μονού εμπορεύματος. Ενσωματώνοντας τις δυνατότητες των τερματικών, το πρόβλημα αλλάζει σε πρόβλημα ροής δικτύου πολλαπλών εμπορευμάτων (CMCNF capacitated multi-commodity network flow). Επίσης, η διαδικασία του σχεδιασμού ορίζεται από την επιλογή του τρόπου μεταφοράς που συνδυάζεται με την επιλογή του αντίστοιχου μεταφορέα και τον προσδιορισμό (καθορισμό) της βέλτιστης διαδρομής, με τη βοήθεια ενός δικτύου μεταφορών λαμβάνοντας υπόψη τα βασικά κριτήρια, όπως είναι το κόστος εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, την μεταφορά και τον χρόνο διέλευσης.

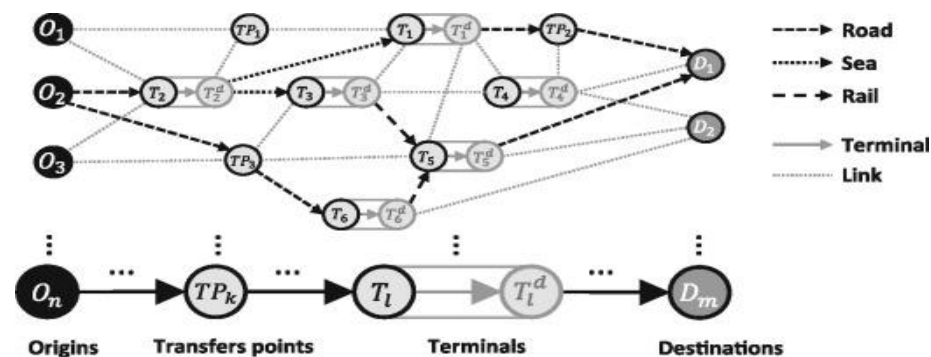
Έτσι, το μοντέλο λαμβάνει υπόψη τις μεταφορικές και τις τελικές δυνατότητες, την επιλογή να αλλάξει τον τρόπο λειτουργίας ή / και να αλλάξει τον μεταφορέα σε συγκεκριμένους τερματικούς σταθμούς, το κόστος μεταφοράς αλλά και το κόστος διαμετακόμισης (απογραφή). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, οι διεργασίες που έχουν ολοκληρωθεί μεταξύ των ορίων του συστήματος να είναι διττές, δηλαδή την μεταφορά (TR) και την μεταφόρτωση (TS), όπου περιλαμβάνουν την αλλαγή του τρόπου μεταφοράς ή/και την αλλαγή του μεταφορέα στους τερματικούς σταθμούς ή την απλή

μεταφορά των εμπορευμάτων. Η ροή του υλικού των εμπορευμάτων με βάση το δίκτυο μεταφοράς θεωρείται ως μεταφορά πλήρους φορτίου φορηγών και είναι ο πιο συνηθισμένος τρόπος μεταφοράς εμπορευμάτων σε μεγάλες αποστάσεις. Η μεταφορά πλήρους φορτίου (FTL) παρατηρείται σε μονάδα συγκεκριμένης χωρητικότητας που μεταφέρεται με σταθερό κόστος, ανεξάρτητα από το πραγματικό φορτίο της μονάδας όπως μελετήθηκε από τους Riekst και Ventura (2008).

Για την διαμόρφωση ενός μαθηματικού μοντέλου δικτύου μεταφορών, λαμβάνονται υπόψη συγκεκριμένοι ορισμοί κόμβων. Επομένως, τα σημεία μεταφόρτωσης εκπροσωπούν τους τερματικούς σταθμούς για την αλλαγή του τρόπου μεταφοράς ή/και του μεταφορέα που εγκρίνει την αξιολόγηση των κριτηρίων και αναφέρει ότι τα σημεία μεταφοράς είναι μόνο γεωγραφικές τοποθεσίες, διαφορετικών διαδρομών μεταφοράς και καθορίζονται ως σημεία ενοποίησης ροής χωρίς συγκεκριμένες διαδικασίες. Για να γίνει η αξιολόγηση του τερματικού σταθμού με βάση τα χαρακτηριστικά της μεταφοράς, ακολουθεί η περιγραφή των τερματικών από δύο κόμβους, δηλαδή, έναν κόμβο για την είσοδο και έναν εικονικό κόμβο για την έξοδο.

Η σύνδεση μεταξύ των δύο αυτών κόμβων, η οποία διακρίνεται από ένα εικονικό τόξο, αξιολογείται με τα χαρακτηριστικά της μεταφοράς. Το παρακάτω σχήμα περιγράφει το πρόβλημα και απεικονίζει μία ενδεικτική δομή που ταξινομεί τρεις προελεύσεις (O) με δυο προορισμούς (D) συνδέοντας τρία σημεία μεταφοράς (TP) και έξι τερματικά (T) με τους αντίστοιχους εικονικούς κόμβους (T^D) σε ένα δίκτυο μεταφορών πολλαπλών σταδίων.

Εικόνα 3 Πραγματική ροή δικτύου με σημεία μεταφοράς, τερματικά και εικονικά τερματικά



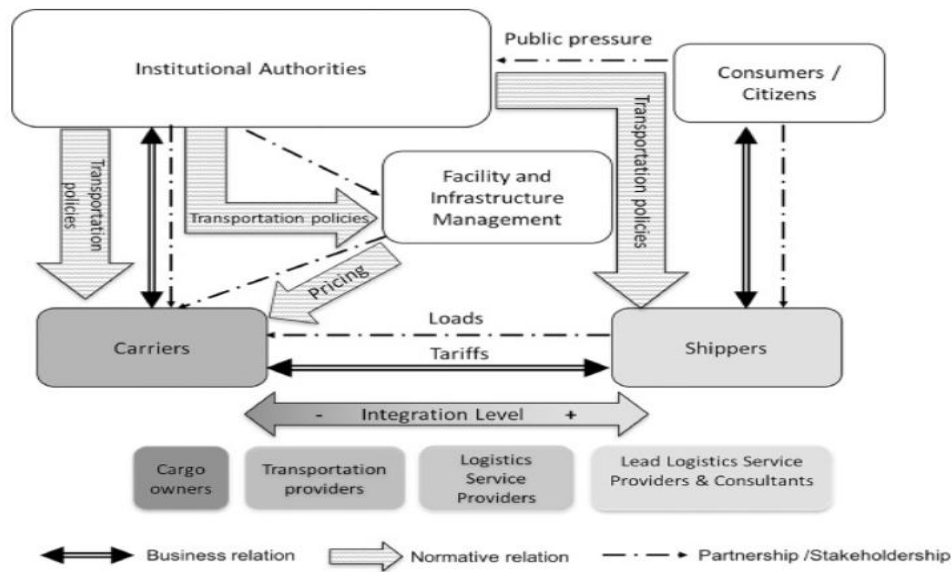
Πηγή: Rudi et. al. 2016

Οι λωρίδες μεταφοράς αντιπροσωπεύουν το υλικό από την προέλευση στους προορισμούς. Θα πάρουμε για παράδειγμα τις επισημασμένες επιλογές μεταφοράς που αφορούν την προέλευση 2 (O2) και τον προορισμό 1 (D1). Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι υπάρχουν διάφορες διαδρομές που συνδέουν τις δύο τοποθεσίες, όμως ανάλογα με τους τρόπους μεταφοράς, διαμορφώνονται και ταξινομούνται τρεις διαφορετικές διαδρομές που είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον, το κόστος και τον χρόνο. Για παράδειγμα, η διαδρομή $O2 \rightarrow T2 \rightarrow T1 \rightarrow TP2 \rightarrow D1$ έχει το χαμηλότερο κόστος, η διαδρομή $O2 \rightarrow T2 \rightarrow T3 \rightarrow T5 \rightarrow D1$ προσφέρει χαμηλές εκπομπές και η διαδρομή $O2 \rightarrow TP3 \rightarrow T6 \rightarrow T5 \rightarrow D1$ είναι ο ταχύτερος τρόπος. Παίρνοντας υπόψη τις πρόσθετες διαδρομές μεταφοράς του πλήρους δικτύου, μαζί με τις προελεύσεις και τους προορισμούς, ενσωματώνοντας και τις ικανότητες των μεταφορέων και των τερματικών σταθμών και τους περιορισμούς των διαδρομών, ενεργοποιούνται αρκετές και διαφορετικές επιλογές δρομολόγησης και μεταφόρτωσης με βάση τις οικολογικές και οικονομικές προτιμήσεις του φορέα λήψης αποφάσεων.

Οι διατροφικές μεταφορές στοχεύουν τόσο στην βελτίωση της ασφάλειας και της ταχύτητας των μεταφορών, όσο και στην εξάλειψη των ζημιών και των απωλειών των φορτίων. Επίσης, η αποτελεσματικότητα και η αξιοπιστία του διατροφικού συστήματος μεταφοράς επιβάλλουν τον συντονισμό και την γρήγορη ροή πληροφοριών ανάμεσα στους διάφορους παράγοντες και τις επιχειρησιακές δραστηριότητες. Η παρακάτω εικόνα μας δείχνει το κοινωνικό δίκτυο επιχειρήσεων SBN, το οποίο είναι ένα σύστημα διατροφικών μεταφορών που αποτελείται από τους μεταφορείς, τους φορτωτές, τους πελάτες, τις θεσμικές αρχές και την διαχείριση εγκαταστάσεων και υποδομών. Ουσιαστικά όλοι αυτοί οι παράγοντες συνεργάζονται μεταξύ τους και αποκτούν επιχειρηματικές, κανονιστικές και εταιρικές σχέσεις. Οι λειτουργίες που αναπτύσσονται και βοηθούν στην συνεργασία μεταξύ των παραγόντων είναι οι πολιτικές μεταφορών, η τιμολόγηση, η κοινωνική πίεση, τα φορτία και τα τιμολόγια. Επιπλέον, υπάρχει το επίπεδο ολοκλήρωσης το οποίο αντιστοιχεί σε 4 κατηγορίες, οι οποίες είναι: ιδιοκτήτες φορτίου, πάροχοι μεταφορών, πάροχοι υπηρεσιών και logistics και επικεφαλής πάροχοι υπηρεσιών logistics και συμβούλους. Αυτές οι κατηγορίες κατανέμονται από το μικρότερο στο μεγαλύτερο επίπεδο ολοκλήρωσης αντίστοιχα.

Σχήμα 4. Κατάσταση και πολυπλοκότητα μέσω του κοινωνικού δικτύου επιχειρήσεων SBN.

Εικόνα 4 Κατάσταση και πολυπλοκότητα μέσω του κοινωνικού δικτύου επιχειρήσεων SBN



Πηγή: Crainic et. al. 2018

Πίνακας 2 Μελέτες για την Δομή Διατροφικού Δικτύου Μεταφορών

Προσομοίωση	Στοχαστική μοντελοποίηση	Μαθηματική μοντελοποίηση
Baykasoglou, Subulan (2016), Forkenbrock (1999), Demir et al., (2015), Riekst και Ventura (2008), Rudi et. al. (2016), Crainic et. al. (2018), Wang et. al. (2018), Huang et. al. (2020)	Crainic (2003), Vannieuwenhuysse et al. (2003), Macharis & Bontekoning (2004), UIC (2014), SteadieSeifi et al. (2014), Guoquan et al. (2014), Reis et al. (2013), <u>Crainic & Kim (2007)</u> , Ghiani et al. (2004), <u>Lam & Gu (2016)</u> , Kramer (2019)	European Commission (2019), European Commission (2012)

2.3 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ

Σύμφωνα με τους Treitl et. al., (2013), ταξινομούνται οι πηγές κινδύνου σε διάφορες κατηγορίες, που συμβάλουν στη δημιουργία απροσδόκητων συμβάντων. Αυτά, μπορούν

να προκληθούν είτε από ανθρώπινες αποτυχίες είτε από εξωγενείς ή ενδογενείς παράγοντες κλπ. Όσον αφορά, τους εξωγενείς παράγοντες όπου συνήθως αυτοί είναι οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες και οι φυσικές καταστροφές, δεν μπορούν να επηρεαστούν από τους υπευθύνους διαχειριστές με αποτέλεσμα η αντίδραση στο γεγονός να γίνεται μετά την εμφάνισή τους (Brazil et al., 2017 , Ludvigsen & Klæboe, 2014). Επίσης, οι ενδογενείς παράγοντες περιλαμβάνουν τις διαταραχές ως προς τον τρόπο μεταφοράς. Έγιναν διάφορες μελέτες για τις επιδράσεις διαταραχών στις οδικές, στις σιδηροδρομικές και στις εσωτερικές πλωτές οδούς σύμφωνα με τους Amrouss et. al. (2017), Azad et. al. (2016) και Gedik et. al. (2014), Eberdoerfer & Wolfinger (2010).

Ωστόσο, οι επιπτώσεις στα μη αναμενόμενα συμβάντα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες : στις αλλαγές της ζήτησης εξαιτίας της αλλαγής των ποσοτήτων των παραγγελιών (Lium et al., 2009), στην περιορισμένη χωρητικότητα από προβλήματα των οχημάτων (Wang, 2016 , Soltani-Sobh et al., 2016) και στις αλλαγές που αφορούν τους χρόνους ταξιδιών λόγω κάποιων καθυστερήσεων (Kalinina et al., 2013). Στη συνέχεια, παρουσιάζονται και αναλύονται οι online και οι offline σχεδιασμοί σύμφωνα με τους Demir et al., (2016) και Hrusovsky et al., (2018).

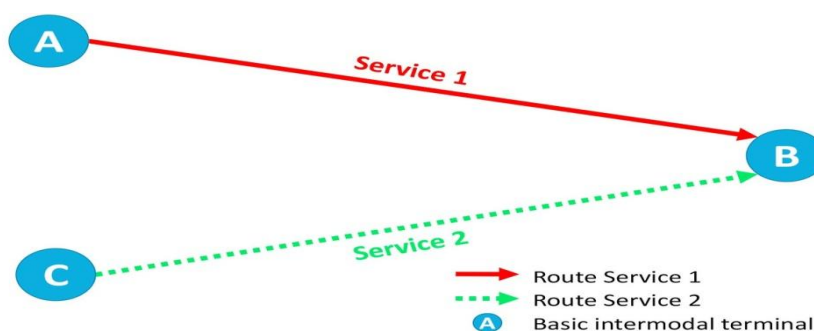
Offline σχεδιασμός: Σε αυτόν τον σχεδιασμό πρέπει να δημιουργηθεί ένα σχέδιο μεταφοράς για κάθε μια παραγγελία ξεχωριστά, με σκοπό να χρησιμοποιείται ένα δίκτυο τερματικών σταθμών που συνδέονται με υπηρεσίες μεταφοράς, έτσι ώστε να επιλεγεί η πιο συμφέρουσα διαδρομή σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά της. Δηλαδή, την προέλευση, τον προορισμό, τον χρόνο παραλαβής και παράδοσης και τους στόχους της όπως για παράδειγμα, η ελαχιστοποίηση του κόστους, του χρόνου και του διοξειδίου του άνθρακα σύμφωνα με τον Crainic (2007). Ο σχεδιασμός αυτός είναι ανθεκτικός μόνο όταν υπάρχουν μικρές διαταραχές οι οποίες μπορούν να ξεπεραστούν αναίμακτα.

Online σχεδιασμός: Σε αυτή την περίπτωση όταν δημιουργείται το σχέδιο μεταφοράς και παρουσιαστεί πρόβλημα σε κάποιο σημείο της εκτέλεσης, θα πρέπει να λυθεί όσο γίνεται πιο γρήγορα το πρόβλημα ή να δημιουργηθεί μια καινούργια διαδρομή, έτσι ώστε να μην προλάβει να φτάσει το όχημα στο σημείο διακοπής. Επίσης, πρέπει να ληφθούν υπόψη μόνο οι υπηρεσίες και οι παραγγελίες που επηρεάζονται από αυτήν την διαταραχή και να μην γίνεται αλλαγή σε όλο το σχέδιο γιατί είναι πολύ πιθανό να

υπάρξει ένα χάος στο σύστημα. Ο επανασχεδιασμός της εκτέλεσης θα πρέπει να γίνει αποτελεσματικά και να βρεθούν νέα σχέδια για τις παραγγελίες που επηρεάστηκαν.

Στις εικόνες 5 και 6 που ακολουθούν, βλέπουμε τα δίκτυα online και offline. Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι το δίκτυο εκτός σύνδεσης είναι πολύ πιο απλό από το online. Στο δίκτυο offline, έχουμε τους τερματικούς σταθμούς και τις υπηρεσίες 1 και 2 που κατευθύνονται στον τερματικό σταθμό B από τον A και Γ αντίστοιχα.

Εικόνα 5 Δίκτυο offline

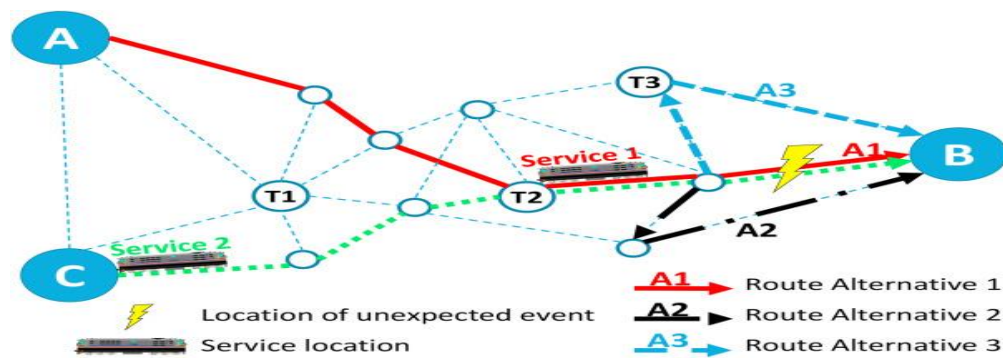


Πηγή: Hrusovsky,

Demir, Jammerneegg

Ωστόσο, στην εικόνα 6 θεωρούμε ότι η υπηρεσία 1 και 2 είναι σιδηροδρομικές υπηρεσίες. Παρατηρούμε ότι λίγο πριν τον τερματικό σταθμό B έχει δημιουργηθεί ένα γεγονός μη προβλέψιμο, όπου αναγκάζει την υπηρεσία 1 να αλλάξει ροή στο δρομολόγιο της με αποτέλεσμα να καθυστερήσει. Σε αυτήν την περίπτωση οι επιλογές είναι οι εξής : 1) να περιμένει στο σημείο που βρίσκεται μέχρι να διορθωθεί η όποια ζημιά και να φτάσει με καθυστέρηση στον τερματικό σταθμό B , 2) να προχωρήσει από την εναλλακτική γραμμή 3 με δεδομένο ότι θα καθυστερήσει , ή 3) να συνεχίσει από την εναλλακτική γραμμή 2 χρησιμοποιώντας άλλη υπηρεσία για παράδειγμα τον δρόμο - φορτηγό. Η επιλογή αυτή εξαρτάται από τις προγραμματισμένες υπηρεσίες των παραγγελιών δηλαδή τι περιθώριο καθυστέρησης υπάρχει και αυτή η επιλογή θα γίνει μέσω της ηλεκτρονικής διαδικασίας σχεδιασμού. Από την άλλη έχουμε και την υπηρεσία 2 η οποία βρίσκεται ακόμα κοντά στον σταθμό Γ και έχει αρκετή διαδρομή μέχρι να φτάσει στο σημείο του συμβάντος (T2), όπου αν επιλυθεί γρήγορα το πρόβλημα τότε συνεχίζει κανονικά χωρίς καμία καθυστέρηση, αλλιώς σε άλλη περίπτωση, αν αργήσει να επιλυθεί το πρόβλημα θα έχει περισσότερες εναλλακτικές διαδρομές και την ευχέρεια την καλύτερης επιλογής σε σχέση με την διαδρομή 1, έτσι ώστε να μην υπάρξει καμία καθυστέρηση.

Εικόνα 6 Δίκτυο online

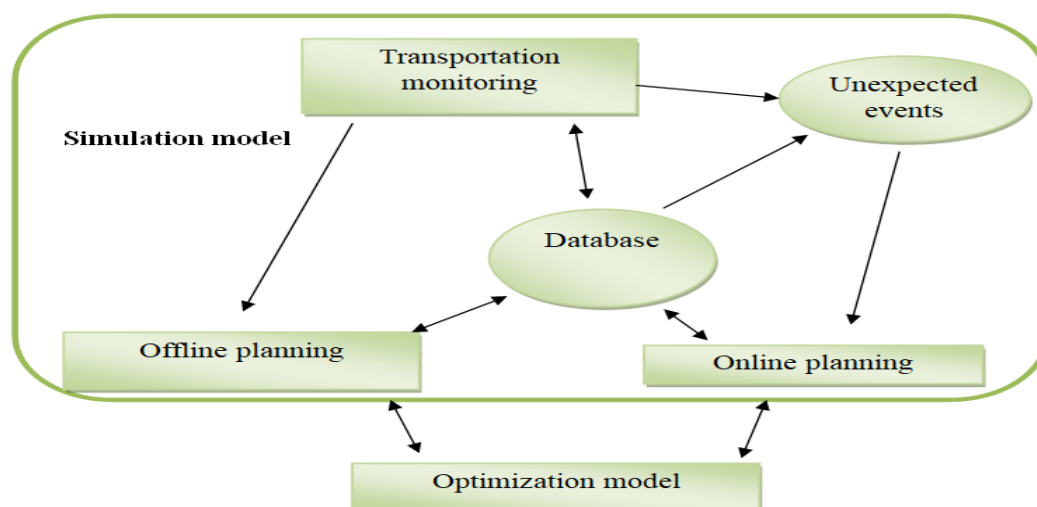


Πηγή: Hrusovsky, Demir, Jammerneegg

Το μοντέλο DSS (Decision support system) αφορά την χρήση μιας υβριδικής προσέγγισης βελτιστοποίησης και προσομοίωσης που ενώνει τους σχεδιασμούς εντός και εκτός σύνδεσης, την παρακολούθηση των μεταφορών και την ανίχνευση των μη αναμενόμενων συμβάντων. Το μοντέλο προσομοίωσης επιδιώκει ίδια αποτελέσματα με το σύστημα μεταφοράς, την επίδραση του σχεδιασμού και των ξαφνικών συμβάντων στην εκτέλεση μεταφοράς. Ωστόσο, το δίκτυο μεταφοράς αλλά και οι κινήσεις των οχημάτων και των παραγγελιών γίνονται σε πραγματικό χρόνο. Επίσης, όταν αρχίζει ο προγραμματισμός του διαδικτύου ή εκτός σύνδεσης, τότε σταματάει ο χρόνος προσομοίωσης έτσι ώστε να μπορούν να εφαρμοστούν όλες οι αλλαγές που έγιναν.

Οι πράκτορες των οχημάτων είναι υπεύθυνοι για να ρυθμίζουν ότι έχει σχέση με τα δρομολόγια των οχημάτων τους, δηλαδή την ταχύτητα του ταξιδιού, τους συνδέσμους που θα ακολουθήσει το όχημα και αλλαγές ή/ και στάσεις που μπορεί να χρειαστεί να κάνει κατά την εξέλιξη της διαδρομής. Επομένως, οι πράκτορες πρέπει να έχουν τα δικά τους διαγράμματα καταστάσεων για να έχουν το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Επιπλέον, μπορεί να παρουσιαστεί τόσο στα οχήματα που έχουν σταθερές ώρες αναχώρησης (π.χ. σιδηροδρομικές και IWT), όσο και σε αυτά με ευέλικτες ώρες (π.χ. Οδικές), όπου σε αυτή την περίπτωση ο πράκτορας έχει την ευθύνη για την αναμονή των παραγγελιών μέχρι αυτές να είναι έτοιμες για παραλαβή.

Εικόνα 7 Στοιχεία του μοντέλου DSS



Πηγή: Hrusovsky, Demir, Jammerneegg

Πίνακας 3 Μελέτες για την Διαχείριση Διαταραχών

Προσομοίωση	Στοχαστική μοντελοποίηση	Μαθηματική μοντελοποίηση
Amrouss et. al. (2017), Azad et. al. (2016), Gedik et. al. (2014), Eberdoerfer & Wolfinger (2010), Demir et al., (2016), Hrusovsky et al., (2018), Crainic (2007), Cacchiani et. al. (2014), Hrusovsky et. al. (2021)	Treitl et. al., (2013), <u>Brazil et al., 2017</u> , <u>Ludvigsen & Klæboe, 2014</u>), <u>Lium et al. (2009)</u> , <u>Wang (2016)</u> , <u>Soltani-Sobh et al.(2016)</u> , <u>Kalinina et al. (2013)</u> , Tomlin (2016), Wieland & Wallenburg (2013), Otto (2003), <u>Crainic, Gendreau, & Potvin (2009)</u> , <u>Van Belle, Valckenaers, & Cattrysse (2012)</u> , <u>Goel (2010)</u> , Louwerse & Huisman (2014), Zhan et al. (2016), Binder et al. (2017),	Fischetti και Monaci (2017), Sato & Fukumura (2012)

2.4 ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Σύμφωνα με τους Lin et. al. (2017), ανάμεσα στις πολλές πηγές εκπομπών άνθρακα, η βιομηχανία των μεταφορών είναι αρκετά μεγάλη. Η συνεχής ανάπτυξη των μεταφορών με χαμηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα θα συμβάλει σημαντικά στη μείωση των

εκπομπών άνθρακα παγκοσμίως. Οι σιδηροδρομικές και οι θαλάσσιες μεταφορές σε σχέση με τις οδικές μεταφορές είναι οι καλύτερες επιλογές για να αναπτυχθούν οι πράσινες μεταφορές εξαιτίας της χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών άνθρακα.

Οι μεταφορές έχουν σημαντικό ρόλο στην καθημερινότητα τόσο για την οικονομική ανάπτυξη όσο και για την ποιότητα ζωής των πολιτών. Ωστόσο, υπάρχουν πολλά μειονεκτήματα όπως είναι η συμφόρηση, το επίπεδο ασφάλειας, η συνεχόμενη χρήση του πετρελαίου αλλά και η ρύπανση, τα οποία συνδέονται άμεσα με τις μεταφορές. Είναι γνωστό ότι οι μεταφορές αποτελούν έναν από τους κυριότερους συντελεστές εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (IPCC, 2007). Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θεωρεί ότι ο βασικός στόχος που συνδέεται με τις μεταφορές είναι η ελάττωση των αρνητικών επιπτώσεων χωρίς να τεθεί σε κίνδυνο η κινητικότητα και η οικονομική ανάπτυξη. Εκτός από την μείωση των αρνητικών επιπτώσεων που έχει ως στόχο η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, σκοπεύει επίσης και στη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα που έχουν έναν εξίσου σημαντικό ρόλο, όπως αναφέρεται και στο πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος (1997) (UNFCCC). Δηλαδή, πιο συγκεκριμένα, η European Commission (2011), έχει ως στόχο στον τομέα των μεταφορών να πετύχει μείωση στις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα κατά τουλάχιστον 60% έως το 2050 σε σχέση με το επίπεδο του 1990. Επίσης, συστήνει την προώθηση των διατροπικών μεταφορών ως βασική λύση όσον αφορά τις εμπορευματικές μεταφορές.

Ωστόσο, το διεθνές εμπόριο αναπτύσσεται όλο και περισσότερο με αποτέλεσμα οι εμπορευματικές μεταφορές να θεωρούνται οι πιο σημαντικοί ρυπαντές για την υπερθέρμανση του πλανήτη. Σχεδόν όλα τα μέσα εμπορευματικών μεταφορών, όπως είναι για παράδειγμα τα φορτηγά, τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων και τα αεροπλάνα επειδή λειτουργούν με τη βοήθεια ορυκτής ενέργειας, αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ατμοσφαιρική ρύπανση και την υπερθέρμανση του πλανήτη. Σύμφωνα με τους Woodburn και Whiteing (2010) , η μεταφορά φορτίου με τρένο θεωρείται ότι είναι η πιο αποτελεσματική στρατηγική για την μείωση του διοξειδίου του άνθρακα στις εμπορευματικές μεταφορές. Σε μία αλυσίδα εφοδιασμού αυτό που θα μπορούσε να βοηθήσει στη μείωση των εκπομπών είναι η μετατόπιση των τρόπων μεταφοράς και η βέλτιστη χρήση των εμπορευματοκιβωτίων.

Επιπλέον, τόσο τα τρένα όσο και οι φορηγίδες (κλασικοί τρόποι διατροφικής μεταφοράς) εκπέμπουν λιγότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τα βαρέα φορηγά. Επομένως, αν τα διατροφικά δίκτυα εμπορευματικών μεταφορών μπορούν να ανταγωνιστούν τις οδικές μεταφορές ως προς το κόστος, τότε η οικονομική ανάπτυξη δεν θα τεθεί σε κίνδυνο και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα θα μειωθούν. Για παράδειγμα, ο στόχος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (2011) είναι το 30% των οδικών εμπορευματικών μεταφορών για μεγάλες αποστάσεις πολλών χιλιομέτρων να στραφούν σε άλλους τρόπους μεταφοράς, όπως είναι οι σιδηροδρομικές ή πλωτές μεταφορές έως το 2030, και πάνω από το 50% έως το 2050. Επίσης, έχει αποδειχθεί ότι η ενοποίηση των αγοραστών διευκολύνει την μεταφορά των προϊόντων, για παράδειγμα, στη χώρα προέλευσης γίνεται ενοποίηση των φορτίων ενός αγοραστή από πολλούς προμηθευτές με αποτέλεσμα τη μείωση των εκπομπών.

Τέλος, η παρακάτω εικόνα μας δείχνει δύο τρόπους μεταφοράς. Στην πρώτη έχουμε μια διατροφική μεταφορά με φορηγό και τρένο, όπου αυτή η περίπτωση είναι πράσινη, δηλαδή πιο οικολογική για το περιβάλλον και στην δεύτερη έχουμε μια κλασική μεταφορά μόνο με φορηγό.

Εικόνα 8 Οικολογικός και μη τρόπος μεταφοράς



Πηγή: Pinto et. al. 2018

Πίνακας 4 Μελέτες για την Μείωση της Ρύπανσης του Περιβάλλοντος

Προσομοίωση	Στοχαστική μοντελοποίηση	Μαθηματική μοντελοποίηση
Pinto et. al. 2018, <u>Lam και Gu (2016)</u>	Lin et. al. (2017), <u>IPCC (2007)</u> , Woodburn και Whiteing (2010), <u>Rodemann & Templar (2014)</u> , <u>Roso et al. (2015)</u> , Mayer et al. (2012), Lammgard (2012), Janic (2007), IEA (2015), ERF (2015)	European Commission (2011), Pinto et. al. 2018

2.5 ΕΜΠΟΔΙΑ ΣΤΙΣ ΔΙΑΤΡΟΠΙΚΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ

Ο στόχος των διατροφικών μεταφορών είναι η βελτιστοποίηση της χρήσης των βασικών πλεονεκτημάτων ανάμεσα στους διάφορους τρόπους μεταφοράς που πετυχαίνει την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας άρα χαμηλότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ωστόσο, υπάρχουν πολλά εμπόδια στις διατροφικές μεταφορές εξαιτίας της πολυπλοκότητας της αλυσίδας μεταφορών και της συμμετοχής πολλών παραγόντων. Οι βασικές κατηγορίες των εμποδίων στην αποτελεσματική αξιοποίηση των διατροφικών μεταφορών είναι οι εξής:

Πίνακας 5 Κατηγορίες εμποδίων

ανησυχία της παρακολούθησης	<u>Bontekoning et al., 2004; Kreutzerberger et al., 2003; Bask, Roso, Andersson, & Hamalainen, 2014</u>
αξιοπιστία	<u>Roso, 2013; Bontekoning et al., 2004; Kreutzerberger et al., 2003</u>
σημεία συμφόρησης - τεταμένη πρόσβαση σε πλωτό λιμένα στην ενδοχώρα	<u>Roso, Woxenius, & Lumsden, 2009; Behdani, Wiegman, Roso, et al., 2020; Roso, 2013; Heaver, 2011</u>
απαιτήσεις χρόνου διέλευσης	<u>Elbert & Seikowsky, 2017; Eng-Larsson & Kohn, 2012; Behrends & Flodén, 2012, Woxenius, 2007; Bontekoning & Priemus, 2004</u>
απόσταση	<u>Behrends & Flodén, 2012; Bontekoning et al., 2004</u>
συχνότητα	<u>Hanaoka & Regmi, 2011; Roso, 2008; Bontekoning et al., 2004</u>
ευελιξία	<u>Monios & Bergqvist, 2017; Eng-Larsson & Kohn, 2012; Reis, Meier, Pace, & Palacin, 2013</u>
ανταπόκριση	<u>Monios & Bergqvist, 2017; Eng-Larsson & Kohn, 2012; Reis et al., 2013; Wang, Feng, Chang, & Wu, 2017</u>
υποδομή	<u>Behdani et al., 2020, Woxenius, 2007</u>
τερματικά-σύνδεση	<u>Walker, Di Sisto, & McBain, 2008; Behrends & Flodén, 2012</u>
έλλειψη πληροφοριών	<u>Wang et al., 2017; Wilmsmeier, Monios, &</u>

	<u>Lambert, 2011; Heaver, 2011</u>
ροές επικοινωνίας, συνεργασίας και πληροφοριών	<u>Heaver, 2011; Monios & Bergqvist, 2017; Bubnova, Efimova, Karapetyants, & Kurenkov, 2018; Wilmsmeier et al., 2011; Bontekoning & Priemus, 2004; Bärthel & Woxenius, 2004</u>
αποδοτικότητα κόστους	<u>Bontekoning et al., 2004; Behrends & Flodén, 2012; Woxenius & Bergqvist, 2008; Walker et al., 2008</u>
κόστος πριν και μετά τη μεταφορά	<u>Monios & Bergqvist, 2017; Bontekoning et al., 2004</u>
χαμηλή προμήθεια επίτευξης που αφορούν τις πράσινες λύσεις	<u>Elbert & Seikowsky, 2017</u>
κόστος μεταφόρτωσης	<u>Woxenius, 2007; Woxenius & Bergqvist, 2008; Behrends, 2015</u>

Πηγή: Vural, Roso, Halldorsson

Πίνακας 6 Μελέτες για τα εμποδιά στις διατροφικές μεταφορές

Προσομοίωση	Στοχαστική μοντελοποίηση	Μαθηματική μοντελοποίηση
<u>Bontekoning et al., (2004), Kreutzberger et al., (2003), Bask, Roso, Andersson, & Hamalainen, (2014),</u>	<u>Roso, (2013), Heaver, (2011), Roso, Woxenius, & Lumsden (2009), Behdani, Wiegman, Roso, et al., (2020), Elbert & Seikowsky, (2017), Eng-Larsson & Kohn, (2012), Behrends & Flodén, (2012), Woxenius, (2007), Behrends & Flodén, (2012), Reis, Meier, Pace, &Palacin (2013), Monios & Bergqvist (2017), Hanaoka & Regmi (2011), Roso (2008), Wang, Feng, Chang, & Wu (2017), Behdani et. al.(2020), Woxenius (2007), Walker, Di Sisto, & McBain, (2008), Wilmsmeier, Monios, & Lambert (2011), Bubnova, Efimova, Karapetyants, & Kurenkov, (2018), Elbert & Seikowsky (2017), Fleisch (2010), Tu et al. (2018), Harris et al. (2015), Papert & Pflaum (2017), Hofmann & Rüscher (2017), Pacheco & Hariri</u>	<u>Woxenius (2007), Woxenius & Bergqvist (2008), Behrends (2015), Monios & Bergqvist (2017), Bontekoning et al. (2004),</u>

	(2018), <u>Kubac (2016)</u> , <u>Vaquero et. al. (2009)</u> , <u>Aymerich et al., (2008)</u> , <u>Tipping & Kauschke (2016)</u> , <u>Tapscott & Tapscott (2017)</u> , <u>Koh, Dolgui, & Sarkis (2020)</u> , <u>Martín-Soberón et al. (2014)</u>	
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

3.1 ΔΟΜΗ ΔΙΑΤΡΟΠΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

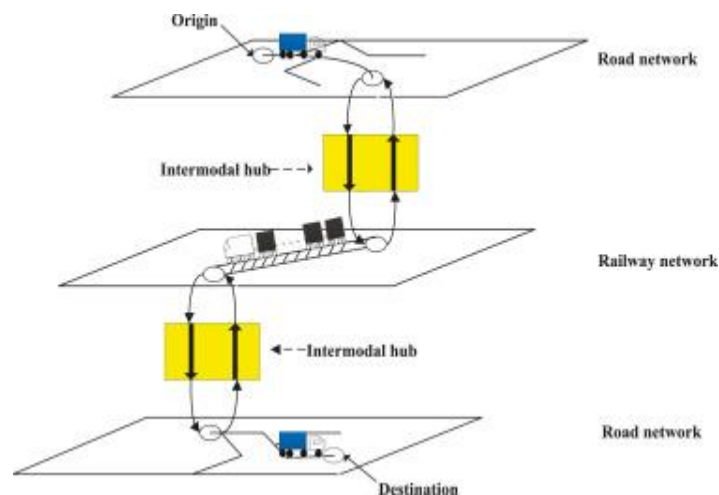
Διατροφικό Δίκτυο οδικών και σιδηροδρομικών μεταφορών

Οι Lam & Gu (2016) παρουσιάζουν ένα διατροφικό δίκτυο και αναφέρουν ότι τα φορτηγά και τα τρένα συνδέονται μεταξύ τους μέσω ενός εσωτερικού τερματικού σταθμού, ο οποίος αποτελείται από την οδική πρόσβαση για τα φορτηγά με χώρο αναμονής, το σημείο ελέγχου, τη σιδηροδρομική πρόσβαση, τη μεταφόρτωση σε περιοχή που υπάρχουν γερανοί και ο κατάλληλος εξοπλισμός έτσι ώστε να γίνεται η μεταφορά και η φόρτωση από το ένα όχημα στο άλλο και ο χώρος αποθήκευσης. Επιπλέον, υπάρχουν παράγοντες οι οποίοι ευνοούν τη διατροφική διαδρομή οδικών και σιδηροδρομικών μεταφορών. Αυτοί είναι, η καλή συνεργασία μεταξύ των φορέων της εφοδιαστικής, οι ολοκληρωμένοι σιδηροδρομικοί τερματικοί σταθμοί που έχουν κατασκευαστεί στις απαραίτητες περιοχές και τέλος, αρκετές σιδηροδρομικές γραμμές που ωφελούνται από διάφορους πελάτες , βελτιώνοντας τις δραστηριότητες τους και μειώνοντας το κόστος.

Επίσης, συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα των σιδηροδρομικών μεταφορών, όπως είναι οι μεγάλες αποστάσεις και ποσότητες με τα πλεονεκτήματα των οδικών μεταφορών, όπως είναι η συλλογή και η διανομή σε μικρές ή μεσαίες αποστάσεις. Επομένως, το συγκεκριμένο διατροφικό σύστημα των οδικών και σιδηροδρομικών μεταφορών χωρίζεται σε τρία τμήματα : την διαδικασία παραλαβής , την μεταφορά σε μεγάλες αποστάσεις, και τέλος την διαδικασία παράδοσης. Οι διαδικασίες παραλαβής και παράδοσης γίνονται οδικώς, ενώ η μεταφορά μεγάλων αποστάσεων γίνεται με σιδηροδρομικό τρόπο.

Με βάση τους Wang et. al. (2018) στην εικόνα που ακολουθεί μπορούμε να παρατηρήσουμε ένα διατροπικό δίκτυο οδικών - σιδηροδρομικών μεταφορών. Αρχικά, είναι ο πρώτος διατροπικός κόμβος όπου λαμβάνει τις αποστολές που παραδίδονται μέσω φορτηγών. Στη συνέχεια, οι αποστολές αυτές φορτώνονται σε ένα διατροπικό σιδηροδρομικό εμπορευματοκιβώτιο, όπου μεταφέρονται από τον πρώτο διατροπικό κόμβο στον δεύτερο διατροπικό κόμβο σιδηροδρομικά. Τέλος, γίνεται η παράδοση των αποστολών στο δεύτερο διατροπικό κόμβο και στη συνέχεια αποστέλλονται με φορτηγό στους προορισμούς τους.

Εικόνα 9 Αλυσίδα διατροπικών μεταφορών οδικών- σιδηροδρομικών μεταφορών



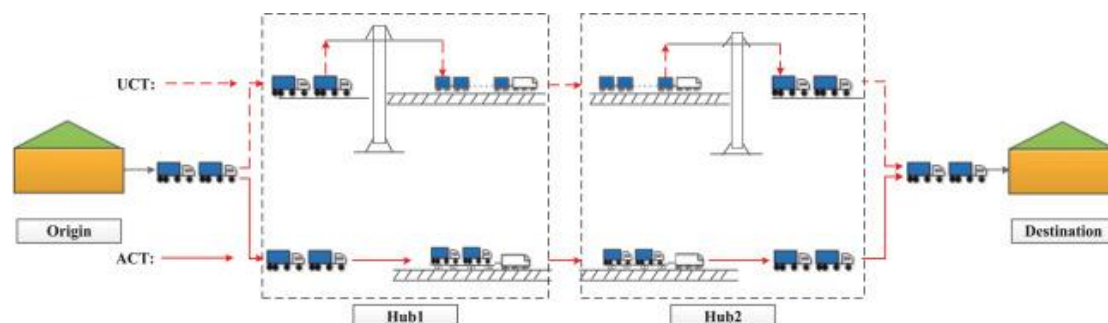
Πηγή: Wang, Yang, Gao, 2018

Στις μεταφορές υπάρχουν δύο τύποι συστημάτων : οι ασυνόδευτες συνδυασμένες μεταφορές (UCT) και οι συνοδευόμενες συνδυασμένες μεταφορές (ACT). Το παρακάτω σχήμα μας δείχνει την διαδικασία λειτουργίας ενός διατροπικού κόμβου με οδικές - σιδηροδρομικές μεταφορές με τους δύο τύπους συστημάτων. Στο σύστημα UCT, στους διατροπικούς κόμβους οι αποστολές μεταφέρονται συνήθως οδικώς ή με πλοίο. Εκεί φορτώνονται σε τρένα μόνο οι μονάδες φόρτωσης- εμπορευματοκιβώτια, για να συνεχίσουν το ταξίδι σιδηροδρομικά και οι οδηγοί παραμένουν στους διατροπικούς κόμβους. Τέλος, οι αποστολές παραλαμβάνονται με φορτηγό στον τερματικό σταθμό και μεταφέρονται στον τελικό προορισμό τους. Το σύστημα UCT είναι ο σημαντικότερος τρόπος μεταφοράς στην Ευρώπη. Από την άλλη, το σύστημα ACT αναφέρει ότι τα φορτηγά μεταφέρουν τις αποστολές απευθείας στο τρένο. Δηλαδή, μεταφέρονται ταυτόχρονα και τα οχήματα και οι οδηγοί φορτηγών κατά τη μεταφορά

των φορτίων. Αυτό το σύστημα χρησιμοποιείται λιγότερο, και στην Ευρώπη υπάρχουν ορισμένες εταιρείες που παρέχουν αυτόν τον τρόπο μεταφοράς, όπως η Adria Kombi, η Alpe Adria, η Hungarokombi, η RALpin και η VIIA Autoroute Ferroviarie Alpine.

Τέλος, στους δυο τρόπους μεταφοράς οι διατροπικοί κόμβοι αποτελούν ένα από τα βασικά στοιχεία που έχουν πρόσβαση και δυνατότητα χειρισμού. Πρέπει να σημειωθεί ότι η αποστολή δεν μπορεί να μεταφερθεί γρήγορα και πρέπει να λειτουργήσει σε διατροπικό κόμβο. Οι εργασίες που γίνονται είναι: α) η εκφόρτωση όπου εκφορτώνονται φορτηγά/εμπορευματοκιβώτια, β) η παρτίδα, όπου οι αποστολές περιμένουν για ενοποίηση, γ) το σπάσιμο φορτίου χύδην, όπου διαχωρίζονται οι αποστολές, και δ) η μεταφορά φόρτωσης, όπου φορτώνονται αποστολές σε φορτηγά/εμπορευματοκιβώτια. Ωστόσο, ο χρόνος είναι ένας συνδυασμός του χρόνου ταξιδιού μεταξύ της προέλευσης, του προορισμού και του χρόνου λειτουργίας που δαπανάται στο διατροπικό κόμβο. Επιπλέον, το συνολικό κόστος είναι το άθροισμα των εξόδων μεταφοράς και λειτουργίας που συνδέονται με όλες τις απαιτήσεις μεταφοράς και το κόστος κατασκευής των διατροπικών κόμβων.

Εικόνα 10 Διαδικασία λειτουργίας του διατροπικού κόμβου οδικών - σιδηροδρομικών μεταφορών



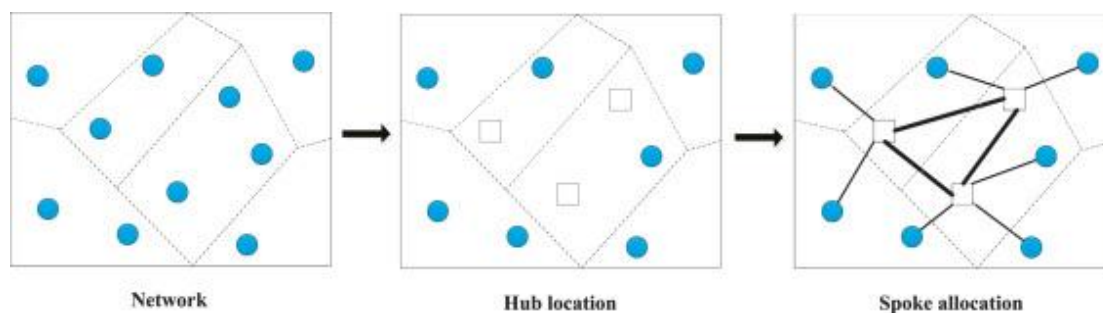
Πηγή: Wang, Yang, Gao, 2018

Οι Wang et. al. (2018) μελέτησαν την διατροπική δομή του δικτύου των οδικών και σιδηροδρομικών μεταφορών και αναφέρουν ότι είναι οι συνδυασμοί των δικτύων τους και το δίκτυο αυτό είναι το H&S (hub and spoke) και θεωρείται ότι είναι η πιο κατάλληλη δομή δικτύου. Αυτό το δίκτυο περιλαμβάνει στο κέντρο τον διατροπικό κόμβο όπου συνδέεται με τις μη πλήρεις θέσεις (ακτίνες) μέσω των ακτινών του τροχού όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα. Ο σχεδιασμός αυτού του δικτύου για ένα σύστημα διατροπικών οδικών και σιδηροδρομικών μεταφορών προσδιορίζει τις θέσεις και

εκχωρεί τις ακτίνες των διατροπικών κόμβων με σκοπό να εξυπηρετούνται από κάθε διατροπικό κόμβο.

Για να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα του δικτύου HS-RRIT, συνήθως λαμβάνονται υπόψη δύο είδη μετρήσεων απόδοσης τα οποία είναι το κόστος και ο χρόνος. Πιο συγκεκριμένα, το κόστος συνδυάζεται με την οικονομική αξιολόγηση της μεταφοράς και γίνεται αναφορά στον χρόνο, έτσι ώστε να αξιολογηθεί η ποιότητα των υπηρεσιών για τους πελάτες. Ωστόσο, τυχόν προβλήματα που θα προκύψουν κατά τον σχεδιασμό αυτού του δικτύου πολλές φορές επιλύονται κατά τη διαδικασία λήψης στρατηγικών αποφάσεων. Η εφαρμογή αυτής της λύσης μπορεί να διαρκέσει πολύ χρόνο και τα αποτελέσματα της να είναι μακροχρόνια. Επίσης, αυτή η εφαρμογή πρέπει να ολοκληρωθεί πριν ξεκινήσει η λειτουργία του δικτύου. Ως εκ τούτου, υπάρχουν διάφοροι παράμετροι που σχετίζονται με τα προβλήματα σχεδιασμού του δικτύου HS-RRIT και πολλές από αυτές τις παραμέτρους μπορεί να μην είναι γνωστές τη στιγμή που λαμβάνονται οι αποφάσεις για τον σχεδιασμό. Τέλος, με σκοπό τη βελτιστοποίηση του προβλήματος αυτού λαμβάνεται υπόψη η αβεβαιότητα στις απαιτήσεις, στο κόστος και στους χρόνους.

Εικόνα 11 Δομή δικτύου HS οδικών και σιδηροδρομικών διατροπικών δικτύων



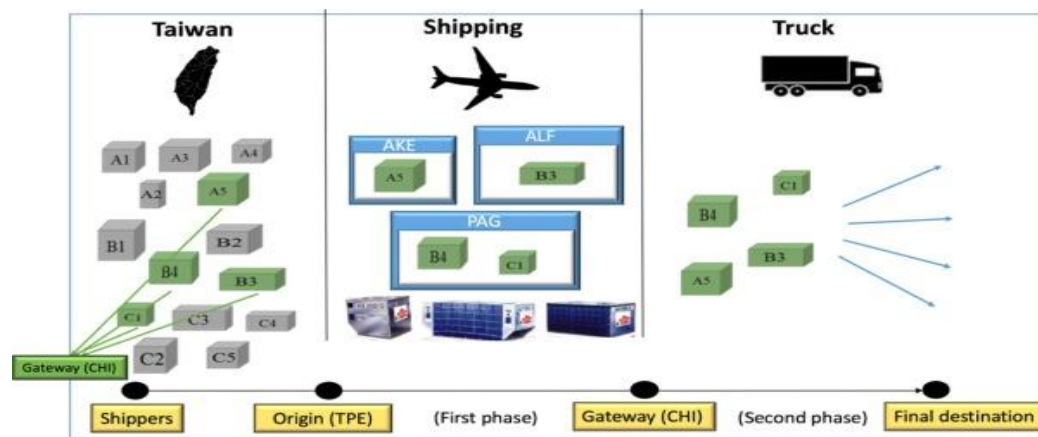
Πηγή: Wang, Yang, Gao, 2018

Διατροπικό Δίκτυο αεροπορικών και οδικών μεταφορών

Η διεθνής βιομηχανία αεροπορικού φορτίου αναπτύσσεται συνεχώς τα τελευταία χρόνια. Η Παγκόσμια Πρόβλεψη Αεροπορικού Φορτίου Boeing (2018), αναφέρει ότι ο μέσος ρυθμός ανάπτυξης του συγκεκριμένου κλάδου προβλέπεται να είναι 4,2% από το 2018 έως το 2037. Στην περίπτωση των διατροπικών δικτύων μεταφοράς αεροπορικών

– ξηράς, η διαδικασία υλοποιείται χρησιμοποιώντας συνδυαστικά αεροπλάνο – φορτηγό. Ωστόσο, ο αερομεταφορέας στηρίζεται αρκετά στην υπηρεσία μεταφοράς των αποστολών στο αεροδρόμιο της πύλης και έπειτα χρησιμοποιεί την υπηρεσία των φορτηγών με λιγότερα φορτία (LTL) έτσι ώστε, να γίνει η παράδοση των αποστολών στους τελικούς προορισμούς. Δηλαδή, δημιουργείται ένα πλάνο με τα σημεία του προορισμού, έτσι ώστε να συγκεντρωθούν τα φορτία ανάλογα με τον προορισμό τους για να έχουμε μειωμένο κόστος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, η διαδικασία αυτή να έχει μικρότερο κόστος μεταφοράς και να μπορεί να καλύψει μεγάλο εύρος αποστολών . Οι Huang et. al. (2020) εξέτασαν την παρακάτω εικόνα, η οποία μας δείχνει την ενοποίηση των διάφορων τύπων εμπορευματοκιβωτίων από τον προωθητή αεροπορικών μεταφορών, ο οποίος έχει ήδη επιλέξει το αεροδρόμιο πύλης για κάθε αποστολή και την υπηρεσία LTL.

Εικόνα 12 Ενοποίηση αερομεταφορέων



Πηγή: Huang, Lee, Xu, 2020

Διατροπικό Δίκτυο Θαλάσσιων και σιδηροδρομικών μεταφορών

Σύμφωνα με τον Kramer (2019), οι θαλάσσιοι λιμένες έχουν βασικό ρόλο στη σχέση ανάμεσα στις χερσαίες και στις θαλάσσιες μεταφορές. Ένας κόμβος σιδηροδρόμου-θάλασσας συνήθως περιλαμβάνει τρία βασικά στοιχεία: τον σιδηροδρομικό σταθμό, την ζώνη διακλάδωσης και την ζώνη θαλάσσιων τερματικών. Δηλαδή, ο σιδηροδρομικός σταθμός από την μία μεριά συνδέεται με ολόκληρο το σιδηροδρομικό δίκτυο και από την άλλη μεριά με την ζώνη διακλάδωσης. Η ζώνη διακλάδωσης είναι πολύ σημαντικό

κομμάτι, διότι συνδέει το σιδηροδρομικό δίκτυο με το θαλάσσιο δίκτυο και ουσιαστικά επιτρέπει την μεταφορά των αμαξοστοιχιών από το σιδηροδρομικό δίκτυο στους τερματικούς σταθμούς και αντίστροφα. Επίσης, η ζώνη διακλάδωσης αποτελείται από κομμάτια για την μεταφορά αμαξοστοιχιών και από μέρη όπου τα τρένα μπορούν να περιμένουν.

Ωστόσο, σε κάποια λιμάνια τα τρένα που μεταφέρουν τα εμπορεύματα ανήκουν σε διαφορετικούς θαλάσσιους τερματικούς σταθμούς, ενώ σε άλλα λιμάνια όλα τα φορτία που φορτώνονται στο τρένο έχουν ένα μόνο θαλάσσιο τερματικό σταθμό και ως προς τον προορισμό και ως προς την προέλευση. Επομένως, στην πρώτη περίπτωση όταν τα τρένα φτάσουν στην ζώνη διακλάδωσης πρέπει να χωριστούν σε φορτηγά ανάλογα με τον τερματικό σταθμό προορισμού ενώ, στην δεύτερη όταν φτάσει στην ζώνη διακλάδωσης ολόκληρο το τρένο πρέπει να μεταφερθεί στον τερματικό σταθμό προορισμού (το ίδιο ισχύει και για τα τρένα αναχώρησης). Στη ζώνη διακλάδωσης τα κομμάτια οργανώνονται σε παρακολούθηση διαδρομών, ταξινόμηση κομματιών και αναχωρήσεων.

Τέλος, σε κάποιες περιπτώσεις επιτρέπεται η άμεση μεταφορά από τον σιδηροδρομικό σταθμό στον θαλάσσιο τερματικό σταθμό προορισμού, χωρίς να περάσει από την ζώνη διακλάδωσης και αυτό μπορεί να συμβεί διότι υπάρχει ένας σύνδεσμος που αφορά τις γραμμές του σιδηροδρομικού σταθμού και της ζώνης των θαλάσσιων τερματικών.

3.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ

Σύμφωνα με τους Tomlin (2016), Wieland & Wallenburg (2013), οι διαταραχές που μπορεί να προκληθούν κατά τη διατροπική μεταφορά, αντιμετωπίζονται μέσω στρατηγικών είτε πριν από το συμβάν, παίρνοντας προληπτικά και κατάλληλα μέτρα για τον μετριασμό του αντίκτυπου, είτε αντιδραστικά μετά το συμβάν, προσπαθώντας για μια γρήγορη ανάκαμψη. Αυτές οι δύο στρατηγικές ορίζουν τις προληπτικές και τις αντιδραστικές προσεγγίσεις με αποτέλεσμα την διαχείριση των διαταραχών. Οι προληπτικές ενέργειες λαμβάνονται για να μην υπάρχουν αλλαγές με την πρόβλεψη της διακοπής, ενώ οι αντιδραστικές αλλαγές είναι οι προσαρμογές που γίνονται εξαιτίας της διαταραχής που έχει συμβεί.

Ο Otto (2003), αναφέρει τέσσερις τρόπους αντιμετώπισης μιας διαταραχής. Αυτοί είναι : η διόρθωση, ο εκ νέου προγραμματισμός, ο επανασχεδιασμός και η μάθηση. Η

διόρθωση αναφέρεται στην γρήγορη διόρθωση της αιτίας που προκάλεσε την διαταραχή. Ωστόσο, κάποιες διαταραχές δεν μπορούν να διορθωθούν επομένως γίνεται επανασχεδιασμός της αποστολής στο συγκεκριμένο κομμάτι που υπάρχει το πρόβλημα (Crainic, Gendreau, & Potvin, 2009). Ο εκ νέου προγραμματισμός υπάρχει στην αλλαγή της προγραμματισμένης διαδρομής (Crainic et al., 2009) ή στην αλλαγή της προτεραιότητας κατά τον συγχρονισμό εισερχόμενων και εξερχόμενων ροών στον κόμβο μεταφοράς (Van Belle, Valckenaers, & Cattrysse, 2012) ή στην αλλαγή του τρόπου μεταφοράς (Goel, 2010). Τέλος, η μάθηση απαιτεί την κατανόηση της βασικής αιτίας, την οποία την δείχνει η ανάλυση της διαταραχής.

Με βάση τους Cacchiani et. al. (2014), καθώς αναπτύσσεται ένα μοντέλο επανασχεδιασμού που αντιδρά στις διακοπές του δικτύου, ο χρόνος για να βρεθεί λύση είναι πιο σημαντικός από την αποτελεσματικότητα των σχεδίων και οι εμπλεκόμενοι φορείς θα πρέπει να ενημερώνονται άμεσα. Επίσης, οι Fischetti και Monaci (2017), θεωρούν ότι οι λύσεις πρέπει να δοθούν εντός δύο έως δέκα δευτερολέπτων. Από την άλλη, οι Sato & Fukumura (2012), δίνουν μια επισκόπηση των μοντέλων που είναι διαθέσιμα και μπορούν να δώσουν μια λύση εντός 120 δευτερολέπτων. Επομένως, για να πετύχουν αυτοί οι σύντομοι χρόνοι λύσης, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται συγκεκριμένες πολιτικές ως προσέγγιση λύσης. Αυτές οι πολιτικές περιλαμβάνουν την αναμονή, την αλλαγή δρομολογίου, τη μεταφόρτωση, την ακύρωση των υπηρεσιών που επηρεάζονται και την χρήση υπηρεσιών που θα βοηθήσουν στην επίλυση του προβλήματος (Louwerse & Huisman, 2014, Zhan et al., 2016, Binder et al., 2017).

Οι Hrusovsky et. al. (2021), αναφέρουν ότι υπάρχουν τρία βασικά κριτήρια όπου με βάση αυτά στην κάθε περίπτωση επιλέγεται και η συμφέρουσα πολιτική. Πρώτον, η θέση του οχήματος ως προς το συμβάν είναι πολύ σημαντική. Δηλαδή, όταν το όχημα βρίσκεται αρκετά μακριά από το σημείο και η διάρκεια του συμβάντος είναι μικρή, τότε δε θα το επηρεάσει καθόλου. Αν όμως βρίσκεται κοντά στο απροσδόκητο συμβάν και η διάρκεια του είναι μικρή τότε συνήθως η πιο συμφέρουσα πολιτική είναι της αναμονής, διότι θα έχει μικρότερη καθυστέρηση για τον τελικό προορισμό και μικρό κόστος. Σε αντίθεση με την πολιτική της παράκαμψης που θα έχει μεγαλύτερη καθυστέρηση και κόστος.

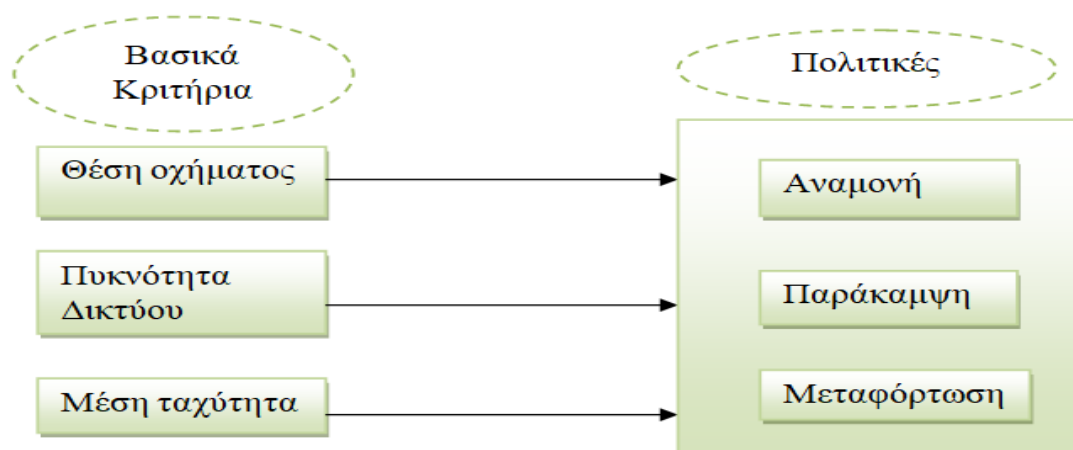
Δεύτερον, η πυκνότητα του δικτύου παίζει σημαντικό ρόλο. Συνήθως σε αυτή την περίπτωση η πολιτική που επιλέγεται είναι η παράκαμψη. Η παράκαμψη εξαρτάται σε

μεγάλο βαθμό από τις περιοχές που κινείται το όχημα, δηλαδή, πρέπει να έχει εύκολη πρόσβαση τις εναλλακτικές διαδρομές. Στην περίπτωση των εσωτερικών πλωτών οδών και των αμαξοστοιχιών είναι αδύνατη και δύσκολη η εφαρμογή αυτής της πολιτικής, αντίστοιχα. Στις IWT δεν υπάρχει επιλογή για παράκαμψη και στις αμαξοστοιχίες θα πρέπει να μπορεί να εκτραπεί η αμαξοστοιχία, να γίνει έλεγχος στην χωρητικότητα της γραμμής και να μην υπάρχει κάποιο άλλο εμπόδιο.

Τρίτον, η μέση ταχύτητα του οχήματος είναι σημαντική για την επιλογή της πολιτικής. Για παράδειγμα, σε κάποιες σιδηροδρομικές υπηρεσίες με μεγάλους χρόνους ταξιδιού και χαμηλή μέση ταχύτητα, η αναμονή είναι προτιμότερη από την παράκαμψη. Από την άλλη μεριά, στις γρήγορες υπηρεσίες συνήθως επιλέγουν την παράκαμψη, θεωρώντας ότι θα φτάσουν πιο γρήγορα στον τελικό προορισμό, με μικρότερη καθυστέρηση άρα και μικρότερο κόστος.

Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι στα βασικά αυτά κριτήρια δεν έχει επιλεχθεί η πολιτική της μεταφόρτωσης. Αυτό συμβαίνει διότι τις περισσότερες φορές οι κόμβοι μεταφόρτωσης δεν είναι διαθέσιμοι στις διαδρομές. Επίσης, αυτή η πολιτική είναι αρκετά ακριβή επειδή γίνεται χρήση του φορτηγού έκτακτης ανάγκης ως προς τον προορισμό με υψηλό κόστος. Συνήθως, αυτή η πολιτική χρησιμοποιείται είτε όταν το όχημα είναι πολύ κοντά στον σύνδεσμο που έχει επηρεαστεί για να βρει παράκαμψη, είτε όταν η καθυστέρηση είναι πολύ μεγάλη για να εφαρμοστεί η πολιτική της αναμονής ή όταν επηρεάζεται η υπηρεσία IWT με αποτέλεσμα αυτή η πολιτική να είναι η μόνη λύση. Όμως, σε κάποιες περιπτώσεις όπως για παράδειγμα, όταν ο επόμενος κόμβος είναι ο προορισμός της παραγγελίας και η υπηρεσία δεν μπορεί να σταματήσει με βάση το σχέδιο, η χρήση της πολιτικής μεταφόρτωσης έχει ως αποτέλεσμα να φτάσει η παραγγελία στην ώρα της και με χαμηλότερο κόστος παράδοσης.

Εικόνα 13 Κριτήρια και Πολιτικές



Πηγή: Hrusovsky et. al. (2021)

3.3 ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Οι Pinto et al., (2018) σημειώνουν ότι οι διατροπικές σιδηροδρομικές εμπορευματικές μεταφορές είναι κατά 77,4% λιγότερο ρυπογόνες από την οδική λειτουργία και καταναλώνουν 43,48% λιγότερα ορυκτά καύσιμα. Επίσης, μεταξύ των ευρωπαϊκών και ασιατικών χωρών οι εμπορευματικές μεταφορές πολύ συχνά επηρεάζονται από διάφορα εμπόδια τα οποία σχετίζονται με τις πολιτικές, οικονομικές, κοινωνικές, τεχνικές και νομικές διαστάσεις σύμφωνα με τους Rodemann & Templar (2014). Αυτά τα εμπόδια προκαλούν καθυστέρηση στο ταξίδι ως προς τον χρόνο, τις απώλειες φορτίου και τη μειωμένη αξιοπιστία παράδοσης. Όμως, αν συνδυαστούν σωστά οι τρόποι μεταφοράς, θα υπάρχει βελτίωση της χρήσης των υποδομών των μεταφορών, της ποιότητας των υπηρεσιών και της ευελιξίας των μεταφορών όπως διευκρινίζουν οι Roso et al. (2015).

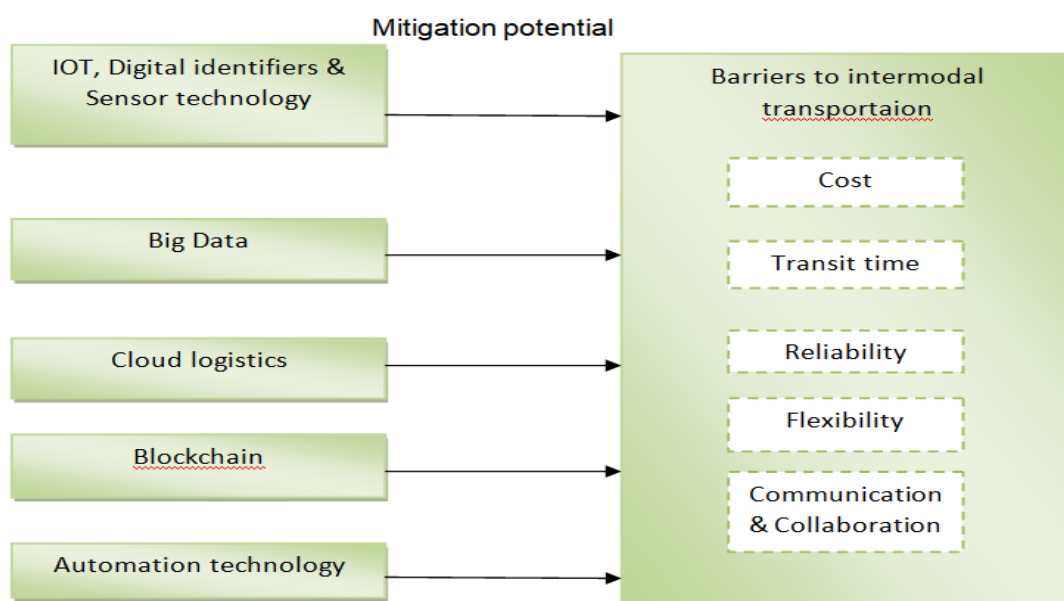
Οι Mayer et al. (2012), αναλύοντας τις εκπομπές και τις πολιτικές, ισχυρίστηκαν ότι υπάρχουν πιθανά οφέλη στην περίπτωση που γίνει εξ' ολοκλήρου αντικατάσταση των οδικών μεταφορών με διατροπικές μεταφορές που θα βασίζονται και σε σιδηρόδρομους. Όσο μελετώνται οι διατροπικές μεταφορές, τα πλεονεκτήματά τους γίνονται πιο ξεκάθαρα, δηλαδή έχουν λιγότερη ένταση εκπομπών και είναι πιο αποδοτικές ενεργειακά (Lammgard, 2012). Σύμφωνα με τον Janic (2007), αν γίνει η μετάβαση από οδική σε διατροπική υπηρεσία (οδική – σιδηροδρομική) θα έχει μεγαλύτερη χωρητικότητα φορτίου. Λαμβάνεται υπόψη η ισχύουσα παγκόσμια νομοθεσία ως προς τις ατμοσφαιρικές εκπομπές και τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής.

Ωστόσο, για να γίνει πιο εύκολη η μετάβαση από τις οδικές στις οδικές-σιδηροδρομικές μεταφορές, χρησιμοποιούνται τα υπάρχοντα φορτηγά που θα μεταφέρουν τις ποσότητες στον πλησιέστερο υπάρχον σιδηρόδρομο που θα τα μετακινήσει στον επιθυμητό προορισμό (Lam και Gu, 2016). Οι διατροπικές λειτουργίες οδικών – σιδηροδρομικών μεταφορών βοηθούν στην αντιμετώπιση των ατμοσφαιρικών εκπομπών κ δίνουν ώθηση στις εταιρείες κ τους φορείς, σε μικρές αποστάσεις να χρησιμοποιούν φορτηγά ενώ σε μεγάλες αποστάσεις και πλήρως φορτωμένα να χρησιμοποιούν τρένα. Επιπλέον, καθώς απομακρύνονται τα φορτηγά από τις μεγάλες διαδρομές, αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της κυκλοφορίας και των πιθανοτήτων για ατυχήματα και βλάβες είτε αυτά προκαλούνται από τον άνθρωπο, είτε από άσχημες καιρικές συνθήκες είτε από αμέλεια συντήρησης (IEA, 2015, ERF, 2015).

3.4 ΕΜΠΟΔΙΑ ΣΤΙΣ ΔΙΑΤΡΟΠΙΚΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ

Η παρακάτω εικόνα αναφέρει τα βήματα συλλογής και ανάλυσης δεδομένων και τα ψηφιακά εργαλεία τα οποία έχουν σκοπό να μειώσουν τα εμπόδια στις διατροπικές μεταφορές. Αυτά τα εμπόδια είναι το κόστος, ο χρόνος μεταφοράς, η αξιοπιστία, η ευκαμψία, η επικοινωνία και η συνεργασία.

Εικόνα 14 Ψηφιακά εργαλεία



Πηγή: Vural, Roso, Halldorsson

IOT, Digital identifiers and Sensor technology : Σύμφωνα με τον Fleisch (2010) είναι κάποια αντικείμενα τα οποία συνδέονται μεταξύ τους και στο διαδίκτυο με την εμφάνιση μικρών υπολογιστών. Η δημιουργία IOT προέρχεται από τους αισθητήρες και τα αντικείμενα με ψηφιακή ταυτότητα τα οποία είναι συνδεδεμένα με δίκτυα, όπως αναφέρουν οι Tu et al. (2018). Οι Harris et al. (2015), Papert & Pflaum (2017) και οι Hofmann & Rüsck (2017) αναδεικνύουν τα πλεονεκτήματα τους τα οποία είναι: η αυξανόμενη συνδεσιμότητα, η προηγμένη παρακολούθηση και οι ολοκληρωμένες ροές πληροφοριών και υλικών, αντίστοιχα. Από την άλλη, με βάση τους Pacheco & Hariri (2018) και DHL (2018) τα μειονεκτήματα είναι: ο μεγάλος κατακερματισμός στις μεταφορές και τα θέματα ασφαλείας που αφορούν την ανεπτυγμένη συνδεσιμότητα.

Big Data : Είναι ένα μεγάλο σύνολο δεδομένων τα οποία δημιουργούνται με την εισαγωγή νέων ψηφιακών τεχνολογιών, όπως αναφέρουν οι Harris et. al. (2015). Ο Kubac (2016) επισημαίνει ότι αυτός ο μεγάλος όγκος προέρχεται από διαφορετικές πηγές, οι οποίες παράγονται με μεγάλη ταχύτητα μέσω των ανθρώπων ή των μηχανών. Τα πλεονεκτήματα τους είναι: η σχεδίαση διαδρομών μεταφοράς όπως τόνισαν οι Wang et al. (2017) , η ροή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και η συμβολή στα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων. Από την άλλη μεριά, οι Kubac (2016) και DHL (2018) επισήμαναν τα μειονεκτήματα τα οποία είναι τα εξής: η ποιότητα και η αξιοπιστία των δεδομένων, η δυσκολία πρόσβασης σε πηγές δεδομένων και τα θέματα προστασίας προσωπικών δεδομένων.

Cloud logistics : Περιλαμβάνει τις υπηρεσίες πληροφορικής οι οποίες διατίθενται μέσω υφιστάμενων κέντρων δεδομένων και εφαρμογών επεξεργασίας (Harris et al., 2015). Είναι ένας συνδεδεμένος και διαμορφώσιμος εικονικός πόρος, όπου αρκετές οργανωτικές ανάγκες για υπηρεσίες logistics ΤΠΕ (τεχνολογία των πληροφοριών και των επικοινωνιών) μπορούν να καλυφθούν από πολλούς προμηθευτές όπως αξιολογούν οι Vaquero, Rodero-Merino, Caceres, & Lindner (2009). Τα πλεονεκτήματα είναι: το χαμηλό κόστος επένδυσης για την υποδομή πληροφορικής και η ευελιξία σύμφωνα με τους Aymerich et al., (2008) και Cegielski, Jones-Farmer, Wu, & Hazen, (2012), αντίστοιχα. Οι DHL (2018) και Tipping & Kauschke (2016) καταγράφουν τα μειονεκτήματα τα οποία είναι : τα θέματα ασφάλειας ως προς τα δεδομένα και οι ανησυχίες που αφορούν την ικανότητα εκτέλεσης μεγάλων επιχειρήσεων.

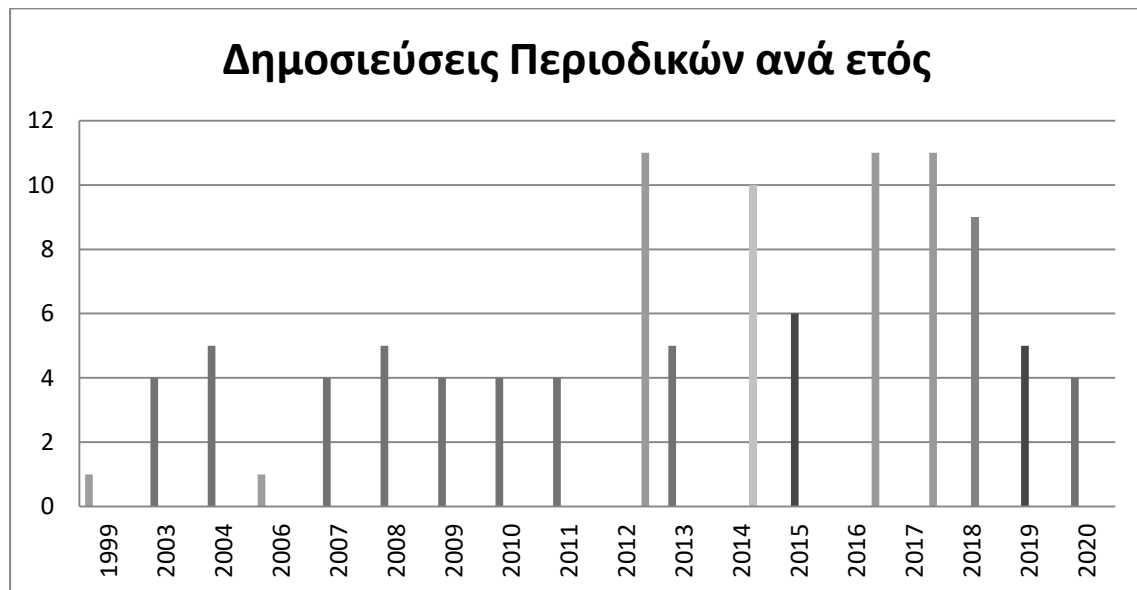
Blockchain: Σύμφωνα με τους Koh, Dolgui, & Sarkis (2020) το Blockchain είναι η τεχνολογία που στοχεύει στην συνεχόμενη εξέλιξη και επανάσταση των δεδομένων και των επιχειρηματικών συναλλαγών. Τα πλεονεκτήματα είναι: η διαμεσολάβηση των χρηματοπιστωτικών οργανισμών και η απαλοιφή της εμπιστοσύνης ως προς τις συναλλαγές όπως έκαναν γνωστό οι Tapscott & Tapscott (2017) και Cole, Stevenson, & Aitken (2019) . Τα μειονεκτήματα είναι : οι ανησυχίες για το πόσο προστατεύεται η ιδιωτική ζωή (Feng, He, Zeadally, Khan, & Kumar, 2019).

Automation technology: Οι Martín-Soberón et al., (2014) έδωσαν έμφαση στην αντικατάσταση των τεχνολογιών με το ανθρώπινο δυναμικό μέσω μηχανών σε συστήματα ελέγχου, εξοπλισμού και διαδικασιών. Τα πλεονεκτήματα του είναι η αποτελεσματική και αποδοτική παροχή αξίας που αναφέρεται από τους Hofmann & Rüschi (2017) και η ελάχιστη εξάρτηση του από τον άνθρωπο και τις δυνάμεις του. Τα μειονεκτήματα είναι τα θέματα που αφορούν την εργασία, την ασφάλεια, την ηθική και το δίκαιο (DHL, 2018).

Τέλος, ακολουθούν τα γραφήματα τα οποία δείχνουν τον αριθμό των δημοσιεύσεων ανά ακαδημαϊκό περιοδικό, ανά έτος και ανά συγγραφέα που έχουν συμπεριληφθεί στην μελέτη.

Η εικόνα 15 παρουσιάζει τις δημοσιεύσεις των ακαδημαϊκών περιοδικών ανά έτος. Η περίοδος που αναλύεται περιλαμβάνει τα έτη 1999 έως και 2021 και παρατηρούμε ότι στα έτη 2012, 2016, 2017 έχουν αναλυθεί περισσότερα ακαδημαϊκά περιοδικά ως προς τα διατροφικά δίκτυα σε σχέση με τα άλλα έτη. Ακολουθούν τα έτη 2014 και 2018.

Εικόνα 15 Δημοσιεύσεις ακαδημαϊκών περιοδικών ανά έτος



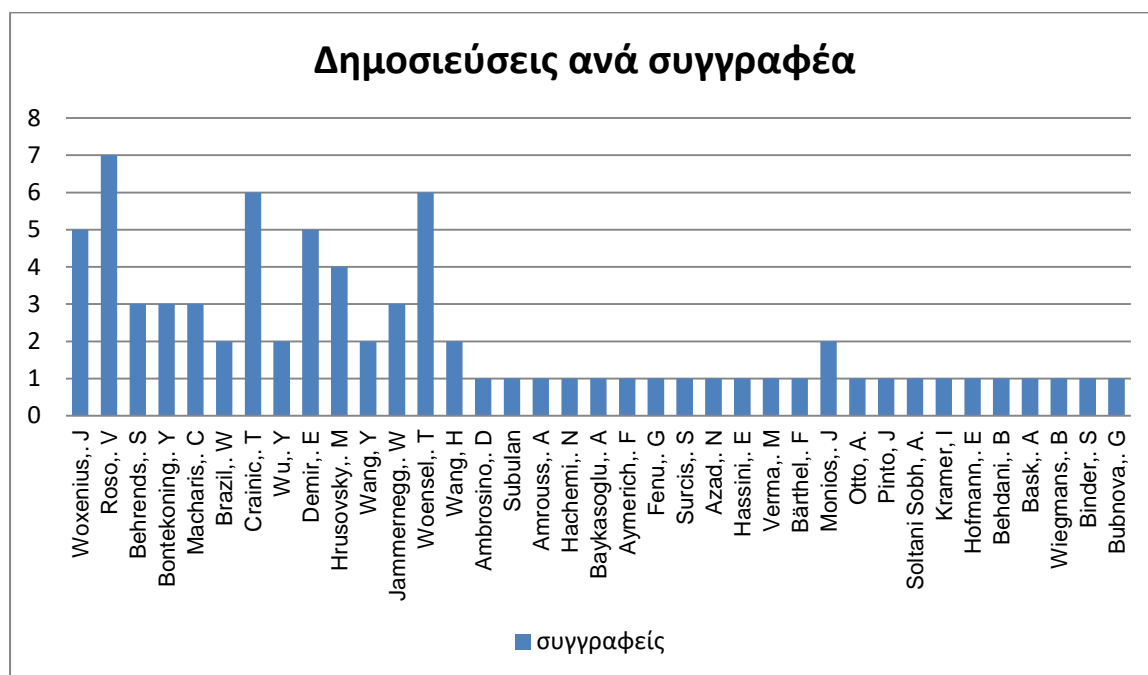
Στη συνέχεια η εικόνα 16 παρουσιάζει τα ακαδημαϊκά περιοδικά που έχουν χρησιμοποιηθεί στην μελέτη. Στο σύνολο έχουν μελετηθεί και αναλυθεί 33 ακαδημαϊκά περιοδικά, όπου το European Journal of Operational Research έχει τις περισσότερες συμμετοχές στην εργασία.

Εικόνα 16 Δημοσιεύσεις ακαδημαϊκών περιοδικών



Τέλος, στην εικόνα 17 βλέπουμε τις δημοσιεύσεις ακαδημαϊκών περιοδικών ανά συγγραφέα. Στην ανάλυση συμβάλουν πάνω από 100 συγγραφείς όπου τις περισσότερες δημοσιεύσεις τις έχουν οι : Roso, V., Crainic, T., Woensel, T., Demir, E., Woxenius, J. κλπ.

Εικόνα 17 Δημοσιεύσεις ακαδημαϊκών περιοδικών ανά συγγραφέα



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

4.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ

Ο ρόλος των διατροφικών δικτύων έχει αποκτήσει μεγάλο ενδιαφέρον για τις επιχειρήσεις ειδικά τις τελευταίες δεκαετίες, διότι λόγω του ανταγωνισμού οι επιχειρήσεις επιδιώκουν για τις μεταφορές τους χαμηλό κόστος και μειωμένο χρόνο. Σύμφωνα με τη μελέτη αυτή διαπιστώσαμε ότι αυτοί οι παράγοντες επιτυγχάνονται με τη σωστή χρήση των διατροφικών δικτύων. Ωστόσο, ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας που κάνει τη χρήση των διατροφικών δικτύων σημαντική είναι η μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος και ο μετριασμός της κλιματικής αλλαγής.

Σύμφωνα λοιπόν με τους Pinto et.al. (2018), η χρήση των διατροφικών δικτύων είναι κατά 77,4% λιγότερη ρυπογόνα σε σχέση με την μεταφορά υπηρεσιών μόνο με φορτηγό. Επίσης, η αναμονή, η παράκαμψη και η μεταφόρτωση είναι οι τρεις πολιτικές οι οποίες μπορούν να αντιμετωπίσουν τα απρόβλεπτα γεγονότα, έτσι ώστε να μην υπάρχει καθυστέρηση στην παράδοση των εμπορευμάτων, να είναι ασφαλής η μεταφορά τους και να μην αυξάνεται το κόστος. Η σωστή επιλογή της πολιτικής στην

περίπτωση του απρόβλεπτου γεγονότος έχει ως αποτέλεσμα την επίτευξη του βέλτιστου δυνατού αποτελέσματος.

Οι κατηγορίες των εμποδίων όπως είναι η ανησυχία παρακολούθησης, η συμφόρηση, η αξιοπιστία, η ευελιξία, το κόστος μεταφοράς κλπ. επηρεάζουν την ομαλή λειτουργία των διατροφικών δικτύων και η αντιμετώπιση των εμποδίων αυτών γίνεται από τα ψηφιακά εργαλεία τα οποία είναι τα IOT, Digital identifiers and Sensor technology, Big Data ,Cloud logistics, Blockchain, Automation technology.

Σύμφωνα με τους Crainic & Kim (2007), είναι πολύ σημαντική η ύπαρξη των διατροφικών δικτύων μεταφοράς όπου το κάθε ένα σε οποιαδήποτε περίπτωση μπορεί να καλύψει διαφορετικούς στόχους, όπως για παράδειγμα μειωμένο κόστος, καλύτερο χρόνο, μεγαλύτερο όγκο, ικανοποίηση πελατών, μειωμένη κυκλοφοριακή συμφόρηση κλπ.

Για τους παραπάνω λόγους αναπτύχθηκαν οι εξής κατηγορίες: η δομή των διατροφικών δικτύων, η διαχείριση διαταραχών, η μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος, τα εμπόδια στις διατροφικές μεταφορές.

Τέλος, απεικονίστηκαν γραφήματα τα οποία αφορούσαν τις δημοσιεύσεις των ακαδημαϊκών περιοδικών που έχουν αναλυθεί στη μελέτη αυτή. Αυτά είναι χωρισμένα σε τρεις κατηγορίες : στις δημοσιεύσεις ακαδημαϊκών περιοδικών ανά έτος, που αναφέρονται στα έτη 1999-2021, στις δημοσιεύσεις ακαδημαϊκών περιοδικών, όπου έχουν αναλυθεί 33 ακαδημαϊκά περιοδικά και τέλος στις δημοσιεύσεις ακαδημαϊκών περιοδικών ανά συγγραφέα, όπου τουλάχιστον 100 συγγραφείς συνέβαλαν στην ανάπτυξη της μελέτης.

4.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Με την πάροδο του χρόνου θα υπάρχει βελτίωση στην λειτουργία των διατροφικών δικτύων καθώς αυξάνεται η χρήση τους. Ωστόσο είναι πολύ σημαντικό στο μέλλον να γίνει περαιτέρω έρευνα που θα συνδέει τα πιθανά οφέλη των επενδύσεων και την ανάπτυξη της τεχνολογίας σημαντικών μηχανισμών και πολιτικών μετριασμού της κλιματικής αλλαγής με τα περιβαλλοντικά οφέλη των διατροφικών οδικών – σιδηροδρομικών μεταφορών.

Τέλος, να γίνει ανάπτυξη των λογισμικών έτσι ώστε να μπορούν να υποστηρίξουν προσομοιώσεις διατροφικών δικτύων μεγάλης κλίμακας.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ambrosino, D., Asta, V., Crainic, T. G., (2021). *Optimization challenges and literature overview in the intermodal rail-sea terminal. Transportation Research Procedia.* (Vol.52, pp. 163-170).

Amrouss, A., Hachemi, N., Gendron. (2017). *Real-time management of transportation disruptions in forestry. Comput. Oper. Res.* (Vol.83, pp. 95-105).

Aymerich, F. M., Fenu, G., Surcis, S., & IEEE (2008). *An approach to a cloud computing network. 1st international conference on the applications of digital information and web technologies, Ostrava, Czech Republic* (pp. 120–125).

Azad, N., Hassini, E., Verma, M. (2016). *Disruption risk management in railroad networks: An optimization-based methodology and a case study. Transp. Res. Part B Methodol.* (Vol. 85, pp. 70-88).

Bärthel, F., & Woxenius, J. (2004). *Developing intermodal transport for small flows over short distances. Transportation Planning and Technology,* (Vol. 27(5), pp. 403–424).

Bask, A., Roso, V., Andersson, D., Hämäläinen, E., (2014). Development of seaport–dry port dyads: two cases from Northern Europe. *Journal of Transport Geography.* (Vol. 39, pp. 85-95).

Baykasoglu, A., Subulan, K., (2016). *A multi-objective sustainable load planning model for intermodal transportation networks with a real-life application. Transportation Research Part E.* (vol. 95, pp. 207-247).

Behdani, B., Wiegmans, B., Roso, V., et al. (2020). *Port-hinterland transport and logistics: Emerging trends and frontier research. Maritime Economics and Logistics,* (Vol. 22, pp. 1–25).

Behrends, S., (2012). *The significance of the urban context for the sustainability performance of intermodal road-rail transport.* (Vol. 54, pp. 375-386).

Behrends, S., & Flodén, J. (2012). *The effect of transshipment costs on the performance of intermodal line-trains. Logistics Research,* (Vol. 4(3), pp. 127–136).

Behrends, S. (2015). *The modal shift potential of intermodal line-trains from a haulier's perspective: Drivers and barriers in the mode choice process. World Review of Intermodal Transportation Research,* (Vol. 5(4), pp. 369–386).

Binder, S., Maknoon, Y., Bierlaire, M. (2017). *The multi-objective railway timetable rescheduling problem. Transport. Res. C Emerg. Technol.* (Vol. 78, pp. 78-94).

Boeing. (2018). *World air cargo forecast 2018-2037. Retrieved from https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/about-our-market/cargo-market-detailwacf/download-report/assets/pdfs/2018_WACF.pdf*

Bontekoning, Y. M., Macharis, C., & Trip, J. J. (2004). *Is a new applied transportation research field emerging? A review of intermodal rail–truck freight transport literature. Transportation Research Part A*, (Vol. 38, pp. 1–34).

Bontekoning, Y. M., & Priemus, H. (2004). *Breakthrough innovations in intermodal freight transport. Transportation Planning and Technology*, (Vol. 27(5), pp. 335–345).

Brazil, W., White, A., Nogal, M., Caulfield, B., Oconnor, A., Morton, C. (2017). *Weather and rail delays: Analysis of metropolitan rail in dublin. J. Transport Geography*. (Vol. 59, pp. 69-76).

Bubnova, G. V., Efimova, O. V., Karapetyants, I. V., & Kurenkov, P. V. (2018). *Digitalization of intellectualization of logistics of intermodal and multimodal transport. MATEC web of conferences*. (Vol. 236, pp. 02013–).

Cacchiani, V., Huisman, D., Kidd, M., Kroon, L., Toth, P., Veelenturf, L., Wagenaar, J. (2014). *An overview of recovery models and algorithms for real-time railway rescheduling. Transp. Res. Part B Methodol.* (Vol. 63, pp. 15-37).

Crainic, T. (2003). *Long-haul freight transportation. In R. Hall (Ed.), Handbook of transportation science. International series in operations research and management science* (Vol. 56, pp. 451–516).

Crainic, T. G., Kim, K. H., (2007). *Intermodal Transportation. In: Barnhart, C., Laporte, G. Transportation, Handbooks in Operations Research and Management Science*, (Vol.35, pp. 543-555).

Crainic, T. et al., (2009). Intelligent freight-transportation systems: Assessment and the contribution of operations research. Transportation Research Part C: Emerging Technologies. (Vol. 17, pp. 541-557)

Crainic, T. G., Perboli. G., Rosano. M., (2018). *Simulation of intermodal freight transportation systems: a taxonomy. European Journal of Operational Research.* (Vol.2018, pp. 401-418).

Cegielski, C. G., Jones-Farmer, L. A., Wu, Y., & Hazen, B. T. (2012). *Adoption of cloud computing technologies in supply chains an organizational information processing theory approach. International Journal of Logistics Management*, (Vol. 23(2), pp. 184–211).

Cole, R., Stevenson, M., & Aitken, J. (2019). *Blockchain technology: Implications for operations and supply chain management. Supply Chain Management: An International Journal*, (Vol. 24(4), pp. 469–483).

Davydenko, I., Landa Maxta, I., Martens, R., Nesterova, N., Wark, T., (2012). *Potential for Eurasia land bridge corridors and logistics developments along the corridors, Research Paper, 6th Framework Programme, European Commission.*

Demir, E., Huang, Y., Scholts, S., Woensel, T. VAN., (2015). *A selected review on the negative externalities of the freight transportation: Modeling and pricing. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* (Vol. 77, pp. 95-114).

Demir, E., Burgholzer, W., Hrušovský, M., Arikanb, E., Jammernegg, W., Woensel, T. VAN. (2016). A green intermodal service network design problem with travel time uncertainty. *Transportation Research Part B* (Vol. 93, pp. 789-807).

DHL. *Logistics trend radar*. (2018). <https://www.logistics.dhl/global-en/home/insightsand-innovation/thought-leadership/trend-reports/logistics-trend-radar.html> (Accessed on: 20.09.2018).

Eberdorfer, M., Wolfinger, L. (2010). *Risikomanagement und Supply Chain Event Management in multimodalen Transportketten unter Einbeziehung der Binnenschifffahrt*.

EC, (2011). *Roadmap to a single European transport area: towards a competitive and resource efficient transport system*. European Commission White Paper. Brussel.

Elbert, R., & Seikowsky, L. (2017). The influences of behavioral biases, barriers and facilitators on the willingness of forwarders' decision makers to modal shift from unimodal road freight transport to intermodal road-rail freight transport. *Journal of Business Economics*, (Vol. 87(8), pp. 1083–1123).

Eng-Larsson, F., & Kohn, C. (2012). Modal shift for greener logistics - The shipper's perspective. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, (Vol. 42(1), pp. 36–59).

ERF, European Union Road Federation, (2015). *Yearbook 2014-2015: The Voice of the European Road*. Belgium. (www.irfnet.eu/images/Statistics/BAT-AD-Stats2015Inside-ERF.pdf) (Accessed 16 July 2017).

European Commission, (2012). *Measuring Road Congestion*. Technical Report. European Commission.

EUROPEANCOMMISSION (2019). *Statistical Pocketbook 2019 - EU transport in figures*, Belgium, Bietlot.

Feng, Q., He, D., Zeadally, S., Khan, M. K., & Kumar, N. (2019). A survey on privacy protection in blockchain system. *Journal of Network and Computer Applications*, (Vol. 126, pp. 45–58).

Fischetti, M., Monaci, M. (2017). Using a general-purpose mixed-integer linear programming solver for the practical solution of real-time train rescheduling. *Eur. J. Oper. Res.* (Vol. 263, pp. 258-264).

Fleisch, E. (2010). What is the internet of things? An economic perspective. *Economics, Management, and Financial Markets*, (Vol. 5(2), pp. 125–157).

Forkenbrock, D., (1999). *External costs of intercity truck freight transportation*. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* (Vol. 33, pp. 505-526).

Gedik, R., Medal, H., Rainwater, C., Pohl, E.A., Mason, S.J. (2014). Vulnerability assessment and re-routing of freight trains under disruptions: A coal supply chain network application. *Transport. Res. E Logist. Transport. Rev.* (Vol. 71, pp. 45-57).

Ghiani G, Laporte G, Musmanno R (2004) *Introduction to logistics systems planning and control*. Wiley, Chichester (pp. 206-217).

Goel, A., (2010). *The value of in-transit visibility for supply chains with multiple modes of transport*. *International Journal of Logistics Research and Applications*. (Vol. 13, pp. 321-332).

Guoquan, L., Kazuki, T., Masai, M., Daiki, O., (2014). *Fundamental analyses for constructing road-rail intermodal freight transport system*. *J. Transp. Syst. Eng. IT* (Vol. 14, pp. 1–7).

Hanaoka, S., & Regmi, M. B. (2011). *Promoting intermodal freight transport through the development of dry ports in Asia: An environmental perspective*. *IATSS Research*, (Vol. 35, pp. 16–23).

Harris, I., Wang, Y., & Wang, H. (2015). *ICT in multimodal transport and technology trends: Unleashing potential for the future*. *International Journal of Production Economics*, (Vol. 159, pp. 88–103).

Heaver, T. D. (2011). *Coordination in multi-actor logistics operations: Challenges at the port interface*. In P. Hall, R. J. McCalla, C. Comtois, & B. Slack (Eds.). *Integrating seaports and trade corridors* (pp. 155–170).

Hofmann, E., & Rüsçh, M. (2017). *Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics*. *Computers in Industry*, (Vol. 89, pp. 23–34).

Hrusovsky, M., Demir, E., Jammerneegg, W., Woensel, T. V., (2018). *Hybrid simulation and optimization approach for green intermodal transportation problem with travel time uncertainty*. *Flexible Services and Manufacturing Journal*. (Vol. 30, pp. 486-516)

Hrusovsky, M., Demir, E., Jammerneegg, W., Woensel, T. V.,(2020). *Real-time disruption management approach for intermodal freight transportation*. *Journal of Cleaner Production*.

Huang, K., Lee, Y.T., Xu, H., (2020). *A routing and consolidation decision model for containerized air-land intermodal operations*. *Computers & Industrial Engineering*. (Vol. 141, pp. 106-299).

IEA, International Energy Agency, (2015). *Railway Handbook on Energy Consumption and CO2 Emissions*. *Railway Handbook 2015, 4th ed.* . (www.iea.org/topics/transport/publications/railwayhandbook2015/) (Accessed 16 July 2017).

IPCC, (2007). *Mitigation of climate change*. *Intergovernmental Panel on Climate Change Report*.

Kalinina, M., Olsson, L., Larsson, A. (2013). *A multi objective chance constrained programming model for intermodal logistics with uncertain time*. *International Journal of Computer Science Issues*. (Vol. 10, pp. 35-44).

Janic, M., (2007). *Modelling the full costs of an intermodal and road freight transport network*. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* (Vol. 12, pp. 33–44).

Kohn, L., Dolgui, A., & Sarkis, J. (2020). *Blockchain in transport and logistics – Paradigms and transitions*. *International Journal of Production Research*, (Vol. 58(7), pp. 2054–2062).

Kramer, I., (2019). *Shunt-E 4.0—Autonomous Zero Emission Shunting Processes in Port and Hinterland Railway Operations*. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, (Vol. 7, pp. 157–164).

Kreutzerberger, E., Macharis, K., Vereecken, L., & Woxenius, J. (2003). *Is intermodal freight transport more environmentally friendly than all-road freight transport? A review*. *Nectar conference*, (pp. 13–15).

Kubac, L. (2016). *The application of internet of things in logistics*. *Transport Logistics*. (Vol. 16, pp. 9-18).

Lam, J.S.L., Gu, Y., (2016). *A market-oriented approach for intermodal network optimisation meeting cost, time and environmental requirements*. *Int. J. Prod. Econ.* (Vol. 171, pp. 266–274).

Lammgård, C., (2012). *Intermodal train services: a business challenge and a measure for decarbonisation for logistics service providers*. *Res. Transp. Bus. Manag.* (Vol. 5, pp. 48–56).

Lin, B., Liu, C., Wang, H., Lin, R., (2017). *Modeling the railway network design problem: A novel approach to considering carbon emissions reduction*. *Transportation Research Part D*. (Vol. 56, pp. 95-109).

Lium, A.G., Crainic, T.G., Wallace, S.W. (2009). *A study of demand stochasticity in service network design*. *Transport. Sci.* (Vol. 43, pp. 144-157).

Louwerse, I., Huisman, D. (2014). *Adjusting a railway timetable in case of partial or complete blockades*. *Eur. J. Oper. Res.* (Vol. 235, pp. 583-593).

Ludvigsen, J., Klæboe, R. (2014). *Extreme weather impacts on freight railways in Europe*. *Nat. Hazards* (Vol. 70, pp. 767-787).

Macharis, C., Bontekoning, Y.M., (2004). *Opportunities for OR in intermodal freight transport research: A review*. *European Journal of Operational Research*, (Vol. 153, pp. 400-416).

Martín-Soberón, A. M., Monfort, A., Sapiña, R., Monterde, N., & Calduch, D. (2014). *Automation in port container terminals*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, (Vol. 160, pp. 195–204).

Mayer, R.M., Poulidakos, L.D., Lees, A.R., Heutschi, K., Kalivoda, M.T., Soltic, P., (2012). *Reducing the environmental impact of road and rail vehicles*. *Environ. Impact Assess. Rev.* (Vol. 32, pp.25–32)

Monios, J., & Bergqvist, R. (2017). *Intermodal freight transport and logistics*. Boca Raton

Otto, A., (2003). *Supply chain event management: Three perspectives*. *The International Journal of Logistics Management*. (Vol. 14, pp. 1-13).

- Pacheco, J., & Hariri, S. (2018). Anomaly behavior analysis for IoT sensors. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, (Vol. 29(4), pp. 3188).
- Papert, M., & Pflaum, A. (2017). Development of an ecosystem model for the realization of internet of things (IoT) services in supply chain management. *Electronic Markets*, (Vol. 27(2), pp. 175).
- Pinto, J.T. de M., Mistage, O., Bilotta, P., Helmers, E., (2018). Road-rail intermodal freight transport as a strategy for climate change mitigation. *Environmental Development* (Vol. 25, pp. 100-110).
- Reis, V., Meier, J. F., Pace, G., & Palacin, R. (2013). Rail and multi-modal transport. *Research in Transportation Economics*, (Vol. 41, pp. 17–30).
- Riekst BQ, Ventura JA (2008) Optimal inventory policies with two modes of freight transportation. *Euro J Oper Res*. doi:10.1016/j.ejor.2007.01.042
- Rodemann, H., Templar, S., (2014). The enablers and inhibitors of intermodal rail freight between Asia and Europe. *Journal of Rail Transport Planning & Management* (Vol. 4, pp. 70-86).
- Roso, V. (2008). Factors influencing implementation of a dry port. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, (Vol. 38(10), pp. 782–798).
- Roso, V., Woxenius, J., & Lumsden, K. (2009). The dry port concept: Connecting container seaports with the hinterland. *Journal of Transport Geography*, (Vol. 17(5), pp. 338–345).
- Roso, V. (2013). Sustainable intermodal transport via dry ports - Importance of directional development. *World Review of Intermodal Transportation Research*, (Vol. 4, pp. 140–156).
- Roso, V., Brnjac, N., Abramovic, B., (2015). Inland intermodal terminals location criteria evaluation: the case of Croatia. *Transportation Journal*. (Vol. 54, pp. 496-515).
- Rudi, A., Frohling, M., Zimmer, K., Schultmann, F., (2016). Freight transportation planning considering carbon emissions and in-transit holding costs: a capacitated multi-commodity network flow model. (Vol. 5, pp. 123-160).
- Sato, K., Fukumura, N. (2012). Real-time freight locomotive rescheduling and uncovered train detection during disruption. (Vol. 221, pp. 636-648).
- Soltani Sobh, A., Heaslip, K., Stavanovic, A., Khoury, J., Song, Z. (2016). Evaluation of transportation network reliability during unexpected events with multiple uncertainties. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. (Vol. 17, pp. 128-136).
- StadieSeifi, M., Dellaert, N.P., Nuijten, W., Woensel, T. VAN., Raouf, R. (2014). Multimodal freight transportation planning: A literature review. *European Journal of Operational Research* (Vol. 233, pp. 1-15).
- UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change, (2012). *Methodological Tool - Project and Leakage Emissions from Transport of Freight: Clean Development Mechanism*. Bonn, Germany.

Tapscott, D., & Tapscott, A. (2017). *How blockchain will change organizations*. MIT Sloan Management Review, (Vol. 58(2), pp. 10)

Tipping, A., & Kauschke, P.. *Shifting patterns - The future of the logistics industry*. (2016). Retrieved from <https://www.pwc.com/gx/en/transportation-logistics/pdf/thefuture-ofthe-logistics-industry.pdf> (Accessed on 20.04.2018).

Tomlin, B. (2006). *On the value of mitigation and contingency strategies for managing supply chain disruption risks*. Management Science, (Vol.52, pp. 639–657).

Treitl, S., Rogetzer, P., Hrusovsky, M., Burkat, C., Bellovoda, B., Jammernegg, W., Mendling, J., Demir, E., Woensel, T., Dijkman, R., Velde, M., Ernst, A. (2013). *Use Cases, Success Criteria and Usage Scenarios, 1, GET Service Project Deliverable. Technical Report*.

Tu, M., Lim, M. K., & Yang, M.-F. (2018). *IoT-based production logistics and supply chain system - Part 1: Modeling IoT-based manufacturing IoT supply chain*. Industrial Management & Data Systems, (Vol. 118(1), pp. 65–95).

UIC, (2014). *International Union of Railways (UIC) Report on Combined Transport in Europe*. Retrieved May 07, 2016, from [UIC Report on Combined Transport in Europe 2014](#)

Van Belle, J., Valckenaers, P., Cattrysse, D., (2012). *Cross-docking: State of the art*. (Vol. 40, pp. 827-846).

Vannieuwenhuyse, B., Gelders, L., Pintelon, L. (2003). *An online decision support system for transportation mode choice*. Logistics Information Management (Vol.16, pp. 125-133).

Vaquero, L. M., Rodero-Merino, L., Caceres, J., & Lindner, M. (2009). *A break in the clouds: Towards a cloud definition*. Computer Communication Review, (Vol. 39(1), pp. 50–55).

Vural, C. A., Roso, V., Halldorsson, A., Stahle, G., Yaruta, M., (2019). *Can digitalization mitigate barriers to intermodal transport? An exploratory study*. Research in Transportation Business & Management.

Walker, H., Di Sisto, L., & McBain, D. (2008). *Drivers and barriers to environmental supply chain management practices: Lessons from the public and private sectors*. Journal of Purchasing and Supply Management, (Vol. 14(1), pp. 69–85).

Wang, X. (2016). *Stochastic resource allocation for containerized cargo transportation when capacities are uncertain*. Transport. Res. E Logist. Transport. Rev. (Vol. 93, pp. 334-357).

Wang, Y., Feng, L., Chang, H., & Wu, M. (2017). *Research on the impact of big data on logistics*. MATEC web of conferences. MATEC web of conferences (Vol. 100, pp. 02015–).

Wang, G., Gunasekaran, A., Ngai, E. W., & Papadopoulos, T. (2016). *Big data analytics in logistics and supply chain management: Certain investigations for research and applications*. International Journal of Production Economics, (Vol. 176, pp. 98–110).

Wang, R., Yang, K., Yang, L., Gao, Z., (2018). *Modeling and optimization of a road–rail intermodal transport system under uncertain information. Engineering Applications of Artificial Intelligence.* (Vol. 72, pp.423-436).

Wieland, A., & Wallenburg, M. C. (2013). *The influence of relational competencies on supply chain resilience: A relational view. International Journal of Physical Distribution and Logistics Management,* (Vol.43, pp. 300–320).

Wilmsmeier, G., Monios, J., & Lambert, B. (2011). *The directional development of intermodal freight corridors in relation to inland terminals. Journal of Transport Geography,* (Vol. 19(6), pp. 1379–1386).

Woodburn, A., Whiteing, A., (2010). *Transferring freight to ‘greener’ transport modes, 2010) Green Logistics: Improving the environmental sustainability of logistics.* (pp. 124-139).

Zhan, S., Kroo, L., Zhao, J., Peng, Q. (2016). *A rolling horizon approach to the high speed train rescheduling problem in case of a partial segment blockage. Transport. Res. E Logist. Transport. Rev.* (Vol. 95, pp. 32-61).

Woxenius, J. (2007). *Intermodal freight transport network designs and their implication for transshipment technologies. European Transport,* (Vol. 35, pp. 27–45).

Woxenius, J., & Bergqvist, R. (2008). *Hinterland transport by rail—a success for maritime containers but still a challenge for semi-trailers. 13th annual logistics research network conference* (pp. 10–12).